



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL



LORENA BARBOSA RODRIGUES

APRENDIZAGEM ATIVA POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO
REMOTA: UM ESTUDO DA CALORIMETRIA

Uberlândia - MG
2017

LORENA BARBOSA RODRIGUES

**APRENDIZAGEM ATIVA POR MEIO DA EXPERIMENTAÇÃO
REMOTA: UM ESTUDO DA CALORIMETRIA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Linha de Pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

R696a Rodrigues, Lorena Barbosa, 1987-
2017 A aprendizagem ativa por meio da experimentação remota : um estudo da calorimetria / Lorena Barbosa Rodrigues. - 2017.
149 f. : il.

Orientador: Eduardo Kojy Takahashi.
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.

Inclui bibliografia.

1. Ciência - Estudo e ensino - Teses. 2. Calorimetria - Teses. 3. Ensino médio - Formação de professores - Teses. 4. Ciência - Experiências - Teses. I. Takahashi, Eduardo Kojy. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

CDU: 50:37

Dedico esse trabalho ao meu filho Cauê, minha fonte de inspiração e o motivo dos meus mais sinceros sorrisos. À minha mãe Maria, minha maior incentivadora e meu porto seguro nas horas mais difíceis. Ao meu pai, Manoel (*in memoriam*), a quem dedico todas as minhas vitórias.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Professor Dr. Eduardo Kojy Takahashi por todos os ensinamentos, pelas discussões que enriqueceram a realização do meu trabalho, pelo empenho em me auxiliar sempre quando necessário e, principalmente, pela parceria nos últimos três anos.

Aos meus irmãos por todo o incentivo.

Ao meu noivo Gustavo, pela paciência e por todas as palavras de carinho.

Aos meus colegas do Nutec, por todas as discussões que enriqueceram esse projeto de pesquisa. Em especial aos colegas Adilmar, Hermes e Rener, por toda a ajuda no desenvolvimento desse trabalho.

Aos alunos e à escola que participaram da aplicação do projeto.

À minha amiga Patrícia pela amizade de sempre, pelo ombro amigo nas horas mais difíceis e por todo o carinho sincero.

Às colegas Samia Dantas e Dayane Carvalho pelas colaborações na composição desse trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta, como produto educacional, uma sequência didática para o ensino de calorimetria fundamentada na aprendizagem ativa pelo uso de um experimento remoto. Partimos do pressuposto que os experimentos remotos são um viés importante para viabilizar uma aprendizagem ativa e modificar a maneira como o conteúdo de Física é apresentado aos alunos do ensino médio. Sabendo que os laboratórios tradicionais, em que os alunos podem manipular os experimentos manualmente, existem em pequena quantidade (e qualidade) nas escolas públicas brasileiras e que os laboratórios de informática já são realidade em quase todas, a utilização das tecnologias digitais na substituição dos espaços físicos de experimentação se justifica. Utilizando uma metodologia de ensino baseada na aprendizagem ativa e na aproximação do conteúdo disciplinar ao cotidiano dos alunos, o tema discutido foi o aquecimento e o resfriamento que ocorrem em um sistema fechado. Para isso, uma maquete de uma sauna contendo sensores de temperatura foi desenvolvida para ser manipulada remotamente pelos usuários (alunos). A manipulação do experimento remoto pelos estudantes, bem como a análise de resultados e conceitos físicos envolvidos em seu funcionamento evidenciam as dificuldades dos alunos em aplicar conceitos físicos em situações cotidianas. A partir da análise dos resultados de aprendizagem dos alunos, em relação aos objetivos de aprendizagem esperados, são apresentadas algumas mudanças a serem realizadas na sequência didática.

Palavras-chave: Aprendizagem ativa. Sequência didática. Experimentação remota. Calorimetria. Ensino médio.

ABSTRACT

As its resultant educational product, this work presents a didactic sequence for teaching calorimetry based on the active learning by the use of a remote experiment. The research was based on the assumption that remote experiments have an important propensity to enable active learning and modify the way in which Physics contents are presented to high-school students. Aware of the fact that traditional scientific laboratories in which students can manipulate the experiments exist in a small quantity (and also quality) in Brazilian public schools and that computer laboratories are already a reality in almost all of them, the usage of digital technologies in replacement to physical experimental settings is then justified. Using a teaching methodology based on the active learning and on shortening the gap between subject contents and students' daily life, the discussed topics were warming and cooling in a closed system. In order to do that, a model of a sauna containing temperature sensors to be remotely manipulated by the users (students) has been developed. The manipulation of the remote experiment by the students, as well as the analysis of results and physical concepts involved in its operation, has highlighted students' difficulties in applying physical concepts in daily situations. From the analysis of students' learning results in relation to the expected learning goals, we present a few changes to be performed in this didactic sequence.

Keywords: Active learning. Didactic sequence. Remote experimentation. Calorimetry. High school.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama do processo de implementação do método IpC.	15
Figura 2 – Questão de teste conceitual sobre o princípio de Arquimedes. No caso de um líquido incompressível como a água, a segunda opção é a correta.	16
Figura 3 – <i>Flashcard</i> utilizado nesse projeto de pesquisa.....	17
Figura 4 – Aplicativo <i>XQuestion</i> desenvolvido por um pesquisador do Nutec.....	17
Figura 5 – Linha do tempo do EsM e do IpC.	20
Figura 6 - Dados do Censo Escolar de 2015 referentes às dependências das escolas públicas da área urbana no Brasil.	26
Figura 7 - Dados do Censo Escolar de 2015 referentes à tecnologia das escolas públicas da área urbana no Brasil.	26
Figura 8 - Esquema de um laboratório de Experimentação Remota.	27
Figura 9 – Fase de montagem da maquete da residência.	29
Figura 10 – Placa fotovoltaica que fornece energia elétrica para o experimento.	29
Figura 11 – Visor que apresenta os valores de temperatura medidos pelos sensores e o cronômetro.....	30
Figura 12 – Cômodo do experimento remoto que representa uma sauna.	31
Figura 13 – Linha do tempo com aspectos históricos do desenvolvimento dos conceitos ligados ao calor.	42
Figura 14 – Linha do tempo com aspectos históricos do desenvolvimento dos conceitos ligados ao calor.	43
Figura 15 – Slide utilizado em sala de aula.	43
Figura 16 – Slide utilizado em sala de aula sobre tipos de sistemas físicos.	57
Figura 17 - Exemplo de aplicação da irradiação na estufa de plantas.	58
Figura 18 – Realização da atividade experimental.	77
Figura 19 – Realização da atividade experimental.	77
Figura 20 – Slide utilizado em sala de aula.	80
Figura 21 – Espectro eletromagnético.	82
Figura 22 – Exemplo de convecção térmica.	84
Figura 23 – Página de visualização do experimento remoto.	86
Figura 24 – Dados do experimento em formato *.txt.	87
Figura 25 – Gráfico Temperatura <i>versus</i> tempo apresentado pelo Grupo 1.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Taxonomia dos Objetivos Cognitivos - A Dimensão do Conhecimento.	22
Quadro 2 - Taxonomia dos Objetivos Cognitivos - A Dimensão dos Processos Cognitivos... ..	22
Quadro 3 – Objetivos de aprendizagem definidos pela Taxonomia de Bloom Revisada.	24
Quadro 4 – Distribuição das aulas.	33
Quadro 5 – Objetivos de aprendizagem.	34
Quadro 6 – Objetivos cognitivos esperados e os momentos da aplicação em que devem ser observados.	35
Quadro 7 – Objetivos cognitivos, segundo a Taxonomia de Bloom Revisada.	36
Quadro 8 – Tarefa de Leitura 1.	40
Quadro 9 – Tarefa de Leitura 2.	40
Quadro 10 – Tarefa de Leitura 3.	40
Quadro 11 – Tarefa de Leitura 4.	41
Quadro 12 – Teste Conceitual 1.	44
Quadro 13 – Teste Conceitual 2.	45
Quadro 14 – Teste Conceitual 3.	46
Quadro 15 – Tarefa de Leitura 5.	47
Quadro 16 – Tarefa de Leitura 6.	48
Quadro 17 – Tipos de energia citados pelos alunos e a frequência de repetição nas respostas.	48
Quadro 18 – Teste Conceitual 4.	52
Quadro 19 – Teste Conceitual 5.	52
Quadro 20 – Tarefa de Leitura 7.	55
Quadro 21 – Tarefa de Leitura 8.	55
Quadro 22 – Tarefa de Leitura 9.	55
Quadro 23 – Tarefa de Leitura 10.	56
Quadro 24 – Teste Conceitual 6.	59
Quadro 25 – Teste Conceitual 7.	60
Quadro 26 – Tarefa de Leitura 11.	62
Quadro 27 – Tarefa de Leitura 12.	63
Quadro 28 – Tarefa de Leitura 13.	63
Quadro 29 – Teste Conceitual 8.	66
Quadro 30 – Teste Conceitual 9.	66

Quadro 31 – Teste Conceitual 10.	67
Quadro 32 – Tarefa de Leitura 14.	69
Quadro 33 – Tarefa de Leitura 15.	69
Quadro 34 – Tarefa de Leitura 16.	70
Quadro 35 – Teste Conceitual 11.	72
Quadro 36 – Teste Conceitual 12.	73
Quadro 37 – Teste Conceitual 13.	74
Quadro 38 – Perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.	88
Quadro 39 – Respostas do G1 às perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.	95
Quadro 40 – Respostas do G2 às perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.	96
Quadro 41 – Respostas do G3 às perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.	96
Quadro 42 – Cálculo da potência térmica média da irradiação de calor ao ambiente externo feito pelo G2.	98

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
Objetivo Geral	4
Objetivos Específicos	5
1. REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS	5
1.1. Aprendizagem Ativa	6
1.1.1. Ensino por Investigação	8
1.1.2. Just-in-Time Teaching (JiTT) ou Ensino sob Medida (EsM)	10
1.1.3. Peer Instruction (PI) ou Instrução pelos Colegas (IpC)	14
1.1.4. Taxonomia de Bloom Revisada	20
1.2. A Experimentação Remota.....	25
1.2.1. O experimento remoto para o estudo da calorimetria	28
2. METODOLOGIA DE PESQUISA	32
3. RELATO DA APLICAÇÃO E ANÁLISES	37
3.1. Primeira Aula	37
3.1.1. Questionário de Identificação da Cultura Digital.....	38
3.2. Segunda Aula	39
3.2.1. Tarefas de Leitura	39
3.2.2. Exposição em Sala de Aula.....	42
3.3. Terceira Aula.....	47
3.3.1. Tarefas de Leitura	47
3.3.2. Exposição em Sala de Aula.....	49
3.4. Quarta Aula	51
3.4.1. Exposição em Sala de Aula.....	51
3.5. Quinta Aula	54
3.5.1. Tarefas de Leitura	54
3.5.2. Exposição em Sala de Aula.....	56
3.6. Sexta Aula	62
3.6.1. Tarefas de Leitura	62
3.6.2. Exposição em Sala de Aula.....	64
3.7. Sétima Aula.....	68
3.7.1. Tarefas de Leitura	68
3.7.2. Exposição em Sala de Aula.....	71
3.8. Oitava Aula	75
3.9. Nona Aula	80
3.10. Décima Aula	83

3.11. Décima Primeira Aula.....	85
3.12. Décima Segunda Aula.....	88
3.13. Décima Terceira Aula	92
3.13.1. Resultados em Relação ao Uso do Experimento Remoto.....	94
3.13.2. Análise dos Objetivos de Aprendizagem	100
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	107
APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE IDENTIFICAÇÃO DA CULTURA DIGITAL.....	111
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO FINAL	114
APÊNDICE C - TEMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	116
APÊNDICE D - ROTEIRO PARA CONFECÇÃO DE GRÁFICO NO EXCEL	118
APÊNDICE E – O PRODUTO EDUCACIONAL	122

INTRODUÇÃO

Nessa introdução contarei um pouco sobre a minha história com o curso de licenciatura em Física e a Universidade Federal de Uberlândia, com o propósito de explicitar a escolha da minha pesquisa.

Ingressei no curso de licenciatura em Física em 2005 pelo PAIES (Processo Alternativo de Ingresso ao Ensino Superior). Na época tinha apenas 17 anos e muitas dúvidas sobre “o que fazer da vida”. Meu irmão já estava cursando o 7º período no mesmo curso e me encorajou a fazê-lo, já que eu também gostava muito das ciências exatas. Mas desisti do curso logo no primeiro semestre, pois não imaginava o meu futuro como professora de Física.

Após desistir do curso tentei o processo seletivo da UFU, o vestibular tradicional, para o curso de Engenharia Elétrica, mas não consegui nota suficiente para ingressar nesse curso. Após esse insucesso minha vida tomou um rumo completamente diferente, pois descobri que ia ser mãe. Com isso, tive que trabalhar e o sonho de um curso universitário ficou em segundo plano.

Em 2009 resolvi retomar os estudos e tive a chance de retornar ao curso de licenciatura em Física pelo processo de Reingresso, sem precisar passar por um novo processo seletivo (vestibular). Fiquei muito feliz de ter essa oportunidade novamente e decidi que dessa vez eu terminaria o curso.

Em 2010 comecei a fazer iniciação científica na área de educação, atuando no suporte instrucional voltado para o desenvolvimento para o curso a distância de aplicação da regulamentação e eficiência energética em edificações. Trabalhei essencialmente com a elaboração de mapas conceituais e no suporte instrucional e computacional, organizando os conteúdos na plataforma de ensino e mediando a comunicação entre os grupos de pesquisa envolvidos. Orientada pela Profa. Dra. Elise Barbosa Mendes, aprendi muito sobre o ensino e percebi a necessidade de modificar a maneira como ensinamos nossos alunos.

Durante o período que participei desse projeto de pesquisa (três anos), convivi com o Prof. Dr. Eduardo Kojy Takahashi no Núcleo de Pesquisa em Tecnologias Cognitivas (Nutec) e conheci os trabalhos realizados pelo grupo. Assim que o Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática foi criado na UFU fui informada pelo Eduardo, que me encorajou a participar do processo seletivo. Assim, terminei o curso de graduação e me inscrevi no processo seletivo, obtendo a aprovação no mesmo.

Nessa época também já estava atuando como professora da educação básica em escolas públicas de Uberlândia. Eu posso dizer que tive sorte de começar a minha carreira

profissional em uma escola que contava com uma equipe de Física muito boa, professores engajados e realmente preocupados com o ensino de qualidade. Aprendi muito com essa equipe e me mantive na mesma escola por quatro anos (de 2012 a 2015). Foram anos de muito aprendizado, pois lecionei para turmas de 1º, 2º e 3º anos do ensino regular e também para turmas de 1ª, 2ª e 3ª séries da EJA (Educação de Jovens e Adultos).

Enquanto professora, tive a oportunidade de lecionar nos três turnos da escola (matutino, vespertino e noturno), convivendo com realidades muito diferentes. Recebíamos alunos de vários bairros da cidade, com histórias de vida e propósitos bem diferentes. Cada turno apresentava sua especificidade e minhas aulas tinham que se adaptar a essas diferenças. Mas meus colegas de área me ajudaram muito, dando dicas e conselhos de quem já tinha experiência com todas essas diferenças. E assim fui me tornando uma profissional da educação, me apaixonando por aquela escola, pela equipe e buscando cada vez mais ser diferente, fazer diferente.

É engraçado como os alunos chegam ao ensino médio completamente desmotivados com a Física. Ouvi (e ainda ouço) de muitos alunos do 1º ano que “a Física é muito difícil”, “como você consegue entender isso?”, “por que precisamos disso?” e outras frases desmotivadoras que muitos professores já devem ter ouvido também em suas respectivas áreas. Mas digo que acho engraçado porque, até então, esses alunos não tiveram contato algum com a Física na escola! Eles já ingressam no ensino médio com essa ideia e com essa barreira impedindo-os de pelo menos tentar, já que acreditam que não vão conseguir. Esse tem sido o meu maior desafio enquanto professora: como fazê-los acreditar que eles são capazes? Infelizmente eu ainda não encontrei uma resposta para essa pergunta, nem sei se é possível respondê-la, mas não me cansarei de tentar encontrar meios de melhorar essa visão dos alunos sobre a Física.

Em 2016, comecei a trabalhar em duas escolas particulares e uma escola pública em um bairro periférico da cidade. Nesse momento, comecei a conviver com realidades ainda mais distintas do que eu já havia trabalhado.

Eu sempre tive receio de trabalhar em escolas particulares porque muitos colegas me diziam que “escola particular é inflexível quanto à adoção de novas metodologias”, “os professores têm que fazer a vontade dos alunos” e, a pior de todas as frases, “se o aluno paga ele é aprovado”. Mais uma vez posso afirmar que tive sorte, pois não reconheci essa postura, nem por parte dos alunos e muito menos por parte da coordenação, nas escolas onde trabalho. Tem sido uma experiência diferente lecionar em escolas que possuem uma estrutura totalmente tecnológica: projetor multimídia em todas as salas, alunos conectados à internet o

tempo todo via *wi-fi* que a escola disponibiliza (o uso de celular em sala de aula é permitido apenas para fins pedagógicos), laboratório de ciências e mais aulas de Física por semana (4 aulas de Física por semana, enquanto nas escolas públicas são apenas 2). Além disso, em uma das escolas em que trabalho, todos os professores receberam um *tablet* para utilizar em sala de aula e poder projetar slides, vídeos ou qualquer outro material digital. Foi nesse momento que percebi que os alunos simplesmente não gostam de aulas com slides! Ao questionar a opinião deles sobre o uso de tais tecnologias digitais, a maioria disse não aprovar, que preferem copiar as aulas do quadro, pois “sentem que quando copiam estão aprendendo”.

Essa experiência foi muito importante pois percebi que incluir tecnologias digitais vai muito além do uso de slides e vídeos em sala de aula. Usar esses materiais apenas para transmitir o conteúdo, mantendo o formato de aula não dialogada não motiva e não melhora o desempenho dos alunos. É preciso mais!

Já na escola pública onde atuei em 2016, a experiência foi completamente oposta. A escola tinha sido inaugurada no bairro naquele ano, portanto era um prédio novo, cadeiras novas, quadros de giz novinhos, tudo muito bem planejado. Mesmo assim, o laboratório de informática e o laboratório de ciências não conseguiram ser finalizados antes do início do ano letivo. E os alunos esperavam (e cobravam) que pudessemos realizar atividades diferentes, que fosse além das aulas tradicionais que eles já conheciam. Perguntavam-me se o laboratório de informática não seria montado, se faríamos experimentos ou, então, se pelo menos teríamos aula fora da sala de aula. Os alunos cobravam aulas diferentes, que pudessem dar sentido aos conteúdos apresentados apenas na lousa. Com a promessa de que em breve esses laboratórios seriam montados, escolhi a turma de 2º ano do ensino médio dessa escola para aplicar o meu projeto de pesquisa. A discussão a respeito dessa escolha se dará ao longo do texto.

Voltando em 2014, quando ingressei no mestrado, já tinha o objetivo de trabalhar com os alunos no 1º ano do ensino médio sobre o assunto Conservação da Energia Mecânica, assunto tratado no meu trabalho de conclusão de curso (TCC). A proposta era incluir tecnologias digitais (*softwares*, vídeos e slides) para ensinar esse conteúdo, contemplando um ensino contextualizado e mais próximo do cotidiano dos estudantes.

Entretanto, em uma conversa com o meu orientador, decidimos ir além do uso de *softwares* de simulação, trabalhando com experimentos reais, que pudessem ser manipulados via *Web*. Como o Nutec já trabalhava com experimentos remotos, o Eduardo sugeriu que eu utilizasse o novo projeto do grupo em minha pesquisa, tratando ainda do assunto Conservação da Energia. Depois de conhecer o projeto, verificamos que seria possível utilizá-lo para

ensinar o conteúdo de calorimetria para alunos do 2º ano do Ensino Médio, focando tanto em conceitos, quanto nas equações envolvidas nos processos físicos.

Assim, partimos do pressuposto que a Experimentação Remota pode contribuir no processo de ensino-aprendizagem, motivando alunos e professores a discutirem os fenômenos físicos envolvidos.

Entretanto, a inserção de novas tecnologias no ensino é um processo difícil, tanto para o aluno quanto para o professor, pois exige conhecimentos que estão além do que é ensinado no âmbito escolar. Faz-se necessário, portanto, a criação de um material de apoio específico e um planejamento diferenciado do professor. Sendo assim, partimos do pressuposto que:

- i) o uso da experimentação em Física pode contribuir para a aprendizagem ativa, tornando o aluno autônomo e reflexivo sobre o conhecimento trabalhado;
- ii) a experimentação remota viabiliza o uso de experimentos não disponíveis nas escolas, com vantagens e desvantagens sobre a experimentação presencial (*hands on*);
- iii) se os alunos se envolverem nas atividades experimentais, é possível desenvolver nesses alunos uma atitude ativa e fazer com que os conteúdos trabalhados possam ser assimilados de forma mais interessante e natural, além de se tornarem estáveis em suas estruturas de pensamento.
- iv) os alunos devem se tornar sujeitos do processo de ensino-aprendizagem, modificando a forma tradicional como o conteúdo lhes é apresentado.

A sequência didática, fruto desse projeto de pesquisa, é apresentada no Apêndice E. Como toda metodologia de ensino, a validação da sequência apresentada deve ocorrer futuramente, após novas aplicações. Apresentamos aqui a primeira interação, que ainda deve ser modificada, reaplicada e discutida, pois a cada aplicação teremos novos contextos, conseqüentemente novos problemas. As discussões e apontamentos desse trabalho são apenas indicações de melhorias e mudanças, até sua validação final.

De acordo com essas discussões, surge a nossa questão de pesquisa: **Como os alunos se apropriam dos conhecimentos de calorimetria a partir de uma metodologia baseada na aprendizagem ativa e com o uso de um experimento remoto?**

Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é identificar em que aspectos o uso da experimentação remota pode contribuir para a aprendizagem ativa de estudantes da segunda série do ensino médio na construção de conhecimentos sobre calorimetria.

Objetivos Específicos

Com o intuito de abranger esse objetivo, propomos os seguintes objetivos específicos:

- delinear uma sequência didática utilizando os métodos *Peer Instruction* (Instrução por Colegas) e *Just-in-time teaching* (Ensino sob Medida);
- analisar como inserir o experimento remoto nas aulas de Física;
- promover aulas utilizando as tecnologias da informação e comunicação como aliadas ao processo de ensino-aprendizagem;
- aplicar a proposta metodológica em uma turma de 2º ano do ensino médio de uma escola pública na cidade de Uberlândia – MG;
- analisar como a utilização de novas tecnologias da informação e comunicação interferem na maneira como os estudantes aprendem o conteúdo de calorimetria;
- analisar como os estudantes se comportam no processo de aprendizagem ativa.

Para tanto, propusemos uma sequência didática para o ensino de Calorimetria, com auxílio do experimento remoto que simula uma sauna. A importância da utilização do experimento é reforçada pelo fato dos alunos poderem utilizá-lo tanto para análises conceituais quanto matemáticas, colaborando para o aprendizado dos conteúdos pretendidos.

A estrutura desta dissertação está organizada da seguinte maneira: no Capítulo 1 apresento os referenciais teórico-metodológicos que embasaram o trabalho; no Capítulo 2 descrevo a metodologia de pesquisa; no Capítulo 3 relato a aplicação da proposta metodológica e as análises dessa aplicação e, por fim, no Capítulo 4 aponto algumas reflexões para a reformulação da sequência didática como considerações finais.

1. REFERENCIAIS TEÓRICO-METODOLÓGICOS

A maneira como os estudantes aprendem e como os professores atuam em sala de aula vêm sofrendo mudanças, principalmente pela inclusão de tecnologias digitais no processo de ensino-aprendizagem. Com tantas informações e com a significativa facilidade em acessá-las, o professor assume um novo papel perante os seus estudantes: é preciso que o professor oriente os seus estudantes, auxilie-os a buscar, comparar e selecionar as informações consideradas cientificamente corretas e os estimule a aprender ativamente. Para tanto, Bransford, Brown e Cocking (2000), afirmam que:

Novos desenvolvimentos na ciência da aprendizagem também enfatizam a importância de ajudar as pessoas a assumir o controle de sua própria aprendizagem. Uma vez que a compreensão é vista como importante, as

peessoas devem aprender a reconhecer quando entendem e quando precisam de mais informações. (BRANSFORD; BROWN; COCKING, 2000, p. 12, tradução nossa)

Nossa proposta metodológica fundamenta-se em dois aspectos correlacionados: a aprendizagem ativa e viabilizada pelo uso de uma atividade experimental que pode ser realizada remotamente (experimentação remota). Assim, nosso referencial teórico-metodológico está dividido em dois tópicos: Aprendizagem Ativa e Experimentação Remota.

O primeiro tópico descreve a aprendizagem ativa, mostrando sua aplicabilidade no ensino de ciências e quais vertentes serão adotadas nesse trabalho.

O segundo tópico discorre sobre a Experimentação Remota, apresentando sua utilização no ensino de Física e sua importância para estimular o pensamento complexo.

1.1. Aprendizagem Ativa

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2012), a prática administrativa e pedagógica dos sistemas de ensino deve abranger a estética da sensibilidade que deve substituir a de padronização, estimular a criatividade, o espírito inventivo, a curiosidade pelo inusitado, desenvolver a capacidade de autonomia intelectual e do pensamento crítico, adotar metodologias de ensino diversificadas, que estimulem a reconstrução do conhecimento e mobilizem o raciocínio, a experimentação e a solução de problemas. O ensino deve ir além da descrição e procurar constituir nos alunos a capacidade de analisar, explicar, prever e intervir.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2002), é necessário redirecionar o ensino da Física, reestabelecendo seus objetivos enquanto disciplina escolar. Para isso, deve-se conferir ao ensino de Física novas dimensões e não apenas elaborar novas listas de conteúdo. Porém sabemos que não existem “receitas” ou modelos que garantam o êxito no processo de ensino, devendo os educadores de Física estabelecer metodologias de ensino que atinjam e satisfaçam todo o processo educativo dentro das realidades escolar e social dos alunos.

Pesquisas recentes sobre a aprendizagem (MARENGÃO, 2012; ALBUQUERQUE, 2012; BAPTISTA, 2013; PRINCE, 2004; VICHINSKY, 2014; VIEIRA, 2014) indicam que existem novas maneiras de apresentar as matérias tradicionais para os estudantes, como matemática, ciências, história e literatura, e que essas novas abordagens tornam possível o desenvolvimento de uma compreensão mais profunda do assunto relevante para a maioria das

peças. A emergente ciência da aprendizagem enfatiza a importância de repensar o que é ensinado, a maneira de ensinar e a maneira de avaliar a aprendizagem (MORAES, 1996).

De acordo com Prince (2004),

Aprendizagem ativa é geralmente definida como qualquer método instrucional que envolva os alunos no processo de aprendizagem. Em suma, a aprendizagem ativa exige que os alunos façam atividades de aprendizagem significativas e pensem no que estão fazendo. Embora esta definição possa incluir atividades tradicionais como a tarefa de casa, na prática a aprendizagem ativa se refere a atividades que são introduzidas na sala de aula. Os elementos centrais do aprendizado ativo são a atividade do aluno e o engajamento no processo de aprendizagem. A aprendizagem ativa é frequentemente contrastada com aquela em que os alunos passivamente recebem informações do professor. (PRINCE, 2004, p. 1 – tradução nossa).

A aprendizagem ativa reforça que o professor deve atuar como um guia, um mediador do processo de ensino-aprendizagem. O estudante deve ser submetido a situações que exijam conhecimentos que vão além do que o professor pode passar em seu pouco tempo em sala de aula. A interação professor-estudante em sala de aula é importante para sua formação, mas a busca por conhecimento deve ser feita além disso. Em uma realidade como a nossa, em que os estudantes recebem muitas informações o tempo todo, os professores não podem deixar de lado a vivência dos estudantes em detrimento do conteúdo estabelecido pela escola/governo que lhes é imposto.

Segundo Laaser (2000, apud VICHINSKY, 2014), o propósito da aprendizagem ativa é:

- Ajudar os estudantes a aprender, fazendo-os usar a informação encontrada;
- Capacitar o elaborador e os estudantes a estabelecer um diálogo;
- Motivar os estudantes a continuar aprendendo;
- Encorajar os estudantes por meio da conclusão bem-sucedida de seu trabalho;
- Verificar o progresso dos estudantes;
- Capacitá-los a fazer pausas para tomar nota mentalmente de informações importantes;
- Repartir o texto em "pedaços de aprendizagem";
- Proporcionar um retorno sobre o curso. (LAASER, 2000, apud VICHINSKY, 2014, p. 14-15).

Para tentar alcançar tais objetivos de aprendizagem, mudanças significativas devem ser realizadas, principalmente nas metodologias de ensino utilizadas. Na tentativa de efetivar tais mudanças, buscando que o estudante tenha um papel ativo em sua formação escolar, as metodologias de ensino-aprendizagem utilizadas nesse trabalho serão apresentadas a seguir.

1.1.1. Ensino por Investigação

Nesse processo de repensar o ensino, os PCN (BRASIL, 2002) reforçam o que se acabou de expor afirmando que:

A aquisição do conhecimento, mais do que a simples memorização, pressupõe habilidades cognitivas lógico-empíricas e lógico-formais. Alunos com diferentes histórias de vida podem desenvolver e apresentar diferentes leituras ou perfis conceituais sobre fatos físicos, que poderão interferir nas habilidades cognitivas. O aprendizado deve ser conduzido levando-se em conta essas diferenças. (BRASIL, 2002, p. 32).

As escolas falham em suas tarefas de desenvolver a capacidade de discriminação crítica e a habilidade de raciocinar (DEWEY, 1938, apud SILVA; PEIXOTO; JERÔNIMO, 2014, p. 3). É preciso desenvolver metodologias de ensino em que a organização intelectual possa ser solucionada com base na experiência, utilizando fatos cotidianos e ligados ao convívio social do aluno (SILVA; PEIXOTO; JERÔNIMO, 2014).

Na tentativa de realizar mudanças no processo de ensino atual, surgem novas metodologias e práticas, como o método investigativo. Pouco conhecido no Brasil, o ensino por investigação vem sendo estudado e aprimorado desde o século XIX por educadores europeus, devido à inserção das ciências nos currículos escolares (BAPTISTA, 2013).

Desde então, pesquisadores e educadores se questionam “como ensinar ciências”. O filósofo e educador americano John Dewey (1859-1952) foi um dos principais defensores do ensino por investigação, ao criticar a maneira como a ciência era apresentada, “como um conhecimento pronto” (BAPTISTA, 2013). Dewey defendia a utilização de laboratórios no intuito de promover a aproximação dos alunos com os objetos da ciência.

Zômpero (2011) afirma que “existem várias denominações para esta perspectiva de ensino, como *inquiry*, aprendizagem por descoberta, resolução de problemas, projetos de aprendizagem, ensino por investigação” (ZÔMPERO, 2011, p. 73).

Como não existe um consenso entre os pesquisadores a respeito de como ensinar por investigação, encontramos alguns modelos a respeito do assunto. Para alguns autores, se caracteriza através dos processos científicos, ou seja, como o conhecimento científico pode ser obtido através do ensino; e outros o associam à resolução de problemas ou ensino por descoberta. Além disso, alguns autores elencam mais de uma dessas características ao método investigativo (BAPTISTA, 2013). Segundo Zômpero (2011), apesar de apresentar várias vertentes, a principal característica do ensino por investigação é que “essas atividades são sempre baseadas em problemas que os alunos devem resolver” (ZÔMPERO, 2011, p. 78).

Sendo assim, todas as teorias que envolvem aprendizagem por investigação têm como foco a construção do conhecimento por parte dos alunos a partir de um problema proposto.

Segundo Azevedo (2004), o aluno deve ser capaz de “refletir, discutir, explicar e relatar” (AZEVEDO, 2004, p. 21) o fenômeno observado, para que o mesmo se caracterize como investigação científica. O papel do professor é apresentar um problema aos alunos, permitindo que eles construam seu próprio conhecimento em busca da solução. Com isso, o aluno estará desenvolvendo aprendizagem de procedimentos e atitudes, além do conhecimento de conceitos e conteúdos (AZEVEDO, 2004).

Azevedo (2004) afirma que a resolução de problemas é um ponto importante durante o processo investigativo, pois motiva o aluno a participar do processo de construção do próprio conhecimento, ou seja, garante a autonomia do mesmo. O professor deve guiar o aluno nesse processo de resolução do problema, mas ao invés de fornecer respostas aos questionamentos que surgirem, deve apenas auxiliar o educando para obtenção da resposta ao problema proposto. Sendo assim, o professor deixa de ser um transmissor de conhecimento e permite que o aluno se aproprie do processo de construção do conhecimento como autor.

Segundo Blosser (1988, apud AZEVEDO, 2004), os objetivos pedagógicos que se procura atingir com essa abordagem são:

- Habilidades – de manipular, questionar, investigar, organizar, comunicar;
- Conceitos – por exemplo: hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;
- Habilidades cognitivas – pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, síntese;
- Compreensão da natureza da ciência – empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, a existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas;
- Atitudes – por exemplo: curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência. (BLOSSER, 1988, apud AZEVEDO, 2004, p. 24).

Azevedo (2004) apresenta algumas atividades investigativas que podem ser usadas em sala de aula:

- Demonstrações investigativas: o professor demonstra um experimento e, a partir dele, apresenta um problema ou um fenômeno a ser estudado, levando o aluno a investigar a respeito desse fenômeno;
- Laboratório aberto: ao contrário das demonstrações investigativas, nesse caso o professor apresenta um problema que deve ser solucionado utilizando uma experiência;

- Questões abertas: o professor propõe para os alunos fatos relacionados ao cotidiano que possam ser explicados utilizando conceitos discutidos e construídos em sala de aula;
- Problemas abertos: o professor apresenta situações gerais, podendo discutir desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada. Ao contrário das questões abertas, os problemas não trabalham apenas conceitos, mas também a matematização dos resultados.

Entretanto, nenhuma delas é excludente nem individual, podendo ser utilizados um ou mais tipos de atividades em uma mesma aula. Nesse trabalho não faremos distinção entre as atividades investigativas utilizadas, uma vez que o ensino investigativo será realizado com aulas práticas e teóricas, que englobam as quatro atividades apresentadas.

Neste trabalho, usamos, principalmente, a concepção da Azevedo (2004) como norteador da nossa proposta metodológica.

1.1.2. *Just-in-Time Teaching (JiTT)* ou Ensino sob Medida (EsM)

A metodologia intitulada *Just-in-Time Teaching (JiTT)*¹, em uma tradução livre Ensino sob Medida (EsM), foi proposta na década de 1990 pelo professor Gregor M. Novak e seus colegas Evelyn T. Patterson, Andrew D. Gavrin e Wolfgang Christian, com o objetivo de utilizar a tecnologia para melhorar a aprendizagem de ciências em sala de aula (OLIVEIRA, 2012).

O EsM foi desenvolvido para ser usado nas aulas introdutórias de física na IUPUI², para estudantes da Engenharia, mas atualmente é utilizada em várias áreas e instituições. Na IUPUI, atualmente o método é utilizado em física, biologia, química, matemática, sociologia e letras, além de ser utilizada em países da Europa e em Israel (GAVRIN et al., 2004).

De acordo com Novak (2011),

EsM é uma pedagogia baseada na *Web*, mas definitivamente não é ensino a distância ou instrução assistida pelo computador. Todas as instruções do EsM ocorrem na sala de aula com professores humanos. Os materiais da *Web*, adicionados como um recurso pedagógico, atuam como uma ferramenta de comunicação e organização. Porque grande parte da aprendizagem dos estudantes ocorre fora da sala de aula, profissionais que utilizam o EsM veem essa estratégia pedagógica como um *feedback* entre ensino e aprendizagem e entre experiências em sala de aula e fora da sala de aula. (NOVAK, 2011, p. 65 – tradução nossa)

¹ Usaremos, ao longo do presente trabalho, a tradução livre Ensino sob Medida (EsM) para a expressão *Just-in-Time Teaching (JiTT)*.

² Indiana University Purdue University Indianapolis.

A metodologia se baseia em fornecer aos estudantes um material de estudo prévio³, que deve ser lido antes de cada aula. No método tradicional (e usual), o professor chega em sala e é naquele momento que o estudante descobre qual conteúdo será trabalhado, não tendo, dessa forma, uma preparação prévia sobre o assunto. Um dos propósitos dessa metodologia é justamente minimizar o tempo de explicação do professor em sala de aula, fazendo com que os estudantes tenham um contato prévio com o material a ser abordado. Dessa forma, o professor dispõe de mais tempo em sala de aula para propor problemas e trabalhar questões relevantes ao conteúdo.

Para tanto, o professor deve fornecer aos estudantes, via *Web* e previamente à aula sobre o tema, algum material de apoio para que eles possam estudar. Esse material pode ser composto por textos, vídeos, slides, simulações e/ou qualquer material que o professor julgue que seja de fácil entendimento por parte dos estudantes. Os estudantes leem o material e posteriormente, mas antes da ocorrência da aula e também via *Web*, respondem algumas perguntas conceituais sobre o conteúdo estudado. Essas perguntas são chamadas de Tarefas de Leitura (TL) (OLIVEIRA, 2012).

Após estudarem o material de apoio e enviarem suas respostas ao professor, este tem conhecimento a respeito do que os estudantes conseguiram entender sobre o conteúdo para planejar sua aula. Dessa forma, o professor pode, durante as aulas, focar apenas no que não foi compreendido por parte dos estudantes, otimizando o tempo das explicações e tornando o estudante um participante ativo do processo de ensino-aprendizagem (NOVAK, 2011).

As TL são um ponto muito importante no EsM, porque estimula a autonomia dos alunos no processo de ensino-aprendizagem. As TL devem ser respondidas pelos estudantes em um tempo favorável para que o professor possa ler e adaptar sua aula às respostas, mas não pode ser um tempo muito longo, pois o conteúdo ainda deve “estar fresco” na mente dos estudantes. É importante também que o professor não avalie (com notas) as questões como certas ou erradas, mas apenas valorize o esforço dos estudantes em respondê-las, estimulando que os mesmos participem e queiram continuar aprendendo dessa forma (GAVRIN et al., 2004).

As TL devem apresentar questionamentos a respeito dos conceitos apresentados no material de apoio, mas também é importante incluir perguntas do tipo:

- a) Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldade na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material.
- b) Indique também os pontos que mais chamaram a sua atenção.
- c) Sinta-se à vontade

³ Originalmente, esses materiais de estudo prévio são chamadas de *warms-up* (NOVAK, 2011).

para fazer perguntas que possam auxiliar sua aprendizagem. (ARAÚJO, MAZUR, 2013, p. 375).

Dessa forma, o professor pode avaliar o grau de envolvimento dos estudantes com a metodologia utilizada, verificando se os materiais de leitura utilizados são suficientes para promover a compreensão do aluno a respeito do tema.

Durante a aula, o professor pode projetar as respostas de alguns estudantes para promover discussão, com o cuidado de não expor os nomes dos mesmos. Dessa forma, eles são levados a se sentirem parte do processo, se verem incluídos na aula e observarem como suas ideias podem influenciar o pensamento dos seus colegas. O professor, nesse momento, deve estabelecer um diálogo com os estudantes, não deixando que a aula seja somente expositiva (GAVRIN et al., 2004).

O desenvolvimento de uma aula utilizando o EsM, deve seguir cinco etapas (NOVAK, 2011, p. 66):

Etapa 1: Os professores do EsM devem pensar sobre o conteúdo da aula e o tipo de aula: É uma introdução a um novo tópico ou uma continuação? O objetivo principal da lição é explorar questões conceituais ou desenvolver e praticar habilidades procedimentais? Envolve trabalho de laboratório ou de campo? É uma revisão abrangente?

Etapa 2: Os professores do EsM devem identificar as partes da lição: O tópico envolve um único conceito ou conceitos múltiplos? É necessária uma revisão? Irá incluir demonstrações ou atividades práticas? Como as partes devem ser sequenciadas? Quanto tempo deve ser dedicado a cada parte?

Etapa 3: Os professores do EsM devem listar quaisquer novos conceitos (palavras, definições, exemplos). Se a matemática estiver envolvida, eles devem listar as habilidades e equações pré-requisito.

Etapa 4: Os professores do EsM devem delinear um conjunto de perguntas que busquem a compreensão dos conceitos. Se a aula é parte de uma sequência, o professor deve projetar questões que exijam a aplicação do conhecimento adquirido em aulas anteriores. Idealmente, o conjunto de perguntas deve ser suficientemente amplo para permitir a construção do conteúdo da lição a partir das respostas dos alunos. Os professores devem antecipar possíveis respostas dos alunos. O professor deve estar preparado para possíveis questionamentos ou dúvidas dos estudantes.

Etapa 5: Usando as respostas antecipadas como um guia, os professores do EsM devem descrever a sequência da aula, sendo flexíveis para surpresas. Ou seja, o professor deve pensar quais serão as possíveis dúvidas dos estudantes e se preparar para respondê-las.

As etapas definidas por Novak (2011) sugerem que a preparação do professor deve ir além do que os estudantes esperam. Sabendo as dúvidas dos estudantes (de acordo com as respostas deles às TL), o professor se torna capaz de prever situações e de tornar a aula mais interessante. Isso porque, no ensino tradicional, o professor apresenta o conteúdo e muitas vezes os estudantes não têm tempo suficiente para processar todas as novas informações, não compreendendo o assunto em sua totalidade. A partir do momento que o estudante estuda o material de apoio com antecedência pode conseguir perceber melhor o conteúdo, e, conseqüentemente, ter mais argumentos para discuti-lo em sala de aula.

De acordo com Patterson (2005, p. 52 – tradução nossa), o EsM é uma estratégia pedagógica eficaz porque:

1. Incentiva o contato entre os estudantes e o corpo docente.
2. Desenvolve reciprocidade e cooperação entre os estudantes.
3. Incentiva a aprendizagem ativa.
4. Fornece feedback rápido.
5. Enfatiza o tempo na tarefa.
6. Apresenta grandes expectativas.
7. Respeita os diversos talentos e formas de aprendizagem.

Acreditamos que esses tópicos são importantes e por isso escolhemos essa metodologia para o trabalho. Os estudantes precisam se tornar autores do seu processo de aprendizagem, mas ainda assim contando com a orientação e direcionamento do professor. Além disso, precisam criar o hábito de estudar além do horário normal de aulas, estabelecer uma rotina de estudos. Essa mudança de postura por parte dos estudantes é um desafio a ser encarado, pois é um ponto importante para modificar a maneira como os estudantes aprendem e como se envolvem nesse processo.

Na aplicação do EsM feita neste trabalho, levamos em consideração as etapas de formulação do material propostas por Novak (2011) e também buscamos perceber as vantagens de sua utilização definidas por Patterson (2005). Para gerenciar a comunicação entre os estudantes e o professor, utilizamos a plataforma Moodle do Nutec como Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), para o envio dos materiais de apoio e das TL. Além disso um grupo no aplicativo *WhatsApp* foi criado para garantir a comunicação síncrona dos participantes envolvidos no projeto (tanto estudantes quanto professor). A descrição dos elementos de comunicação utilizados neste trabalho será apresentada com mais clareza no Capítulo 3.

1.1.3. *Peer Instruction (PI)* ou Instrução pelos Colegas (IpC)

O método *Peer Instruction (PI)*, em uma tradução livre Instrução pelos Colegas (IpC)⁴, foi proposto pelo Prof. Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), no início da década de 1990. A metodologia surgiu da preocupação do pesquisador a respeito da forma como os alunos estavam (ou não) aprendendo a Física Básica (MAZUR, 2015). De acordo com o pesquisador, “os objetivos básicos da *Peer Instruction* são: explorar a interação entre os estudantes durante as aulas expositivas e focar a atenção dos estudantes nos conceitos que servem de fundamento” (MAZUR, 2015, p. 10).

Como o próprio nome sugere, o foco da metodologia é no estudante e na forma como ele pode ser responsável tanto pelo seu aprendizado quanto pela aprendizagem de seus colegas de sala. A partir do momento que o estudante entende o conceito e é capaz de auxiliar seu colega no entendimento, verifica-se o envolvimento dos mesmos no processo de ensino-aprendizagem de uma forma mais efetiva do que quando apenas o professor interage com a turma.

O método sugere que as aulas sejam divididas em apresentações curtas, com o objetivo de apresentar conceitos bem definidos pelo professor. Após cada apresentação, os estudantes respondem a um teste conceitual⁵, que são “pequenas questões conceituais abrangendo o assunto que está sendo discutido” (MAZUR, 2015, p. 10). Um resumo da aplicação do IpC é apresentado na Figura 1.

⁴ Usaremos, ao longo do presente trabalho, a tradução livre Instrução pelos Colegas (IpC) para a expressão *Peer Instruction (PI)*.

⁵ Originalmente chamado por Mazur de *concept test* (MAZUR, 2015).

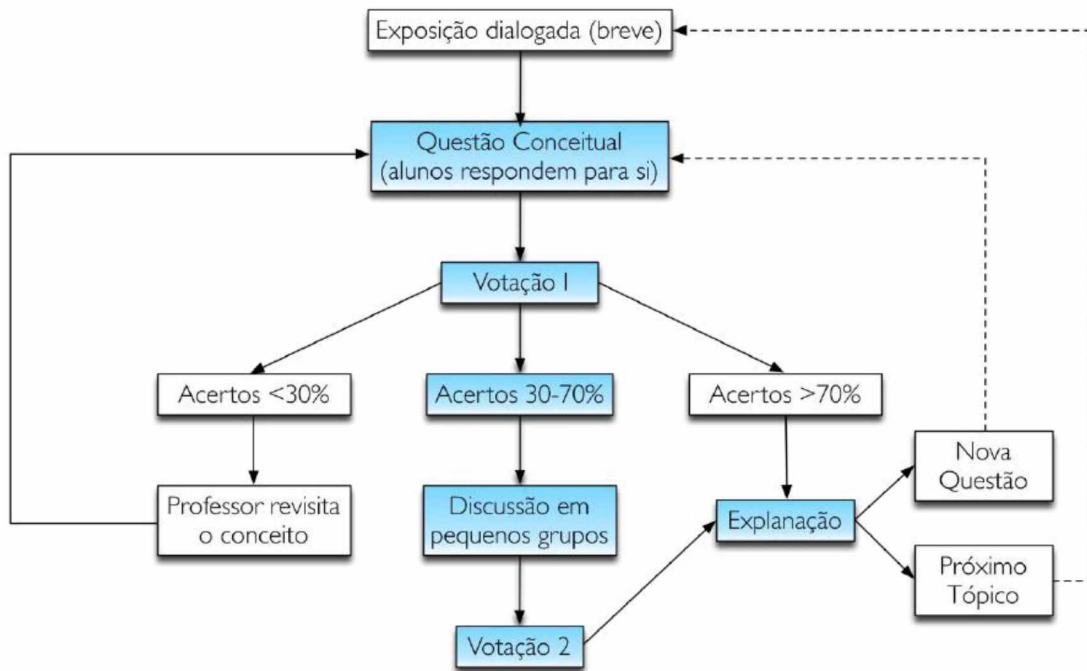


Figura 1 – Diagrama do processo de implementação do método IpC. Fonte: MÜLLER, 2013, p.19.

A proposta de Mazur pode ser descrita em 8 etapas (ARAÚJO, MAZUR, 2013; MAZUR, 2015; VIEIRA, 2014):

Etapa 1: Exposição dialogada (de 15 a 20 minutos)

O professor explica o conteúdo de uma forma que os estudantes possam participar da discussão, evitando que apenas o professor fale. É importante que o professor escolha poucos conceitos para serem trabalhados, considerados pelo autor como conceitos principais. O professor deve buscar fazer questionamentos e garantir que os estudantes se posicionem a respeito do conteúdo que está sendo trabalhado.

Etapa 2: Proposição do teste conceitual (de 1 a 2 minutos)

O professor deve ler a questão em voz alta com os estudantes, assegurando que não haja mal-entendidos na leitura. É sugerido que a questão proposta seja conceitual, de múltipla escolha e que aborde os conceitos abordados durante a exposição dialogada. No entanto, a questão pode ser de cunho matemático, desde que o professor não forneça apenas a equação, exigindo dos estudantes uma substituição de variáveis para encontrar o resultado. Um exemplo de teste conceitual é apresentado na Figura 2.

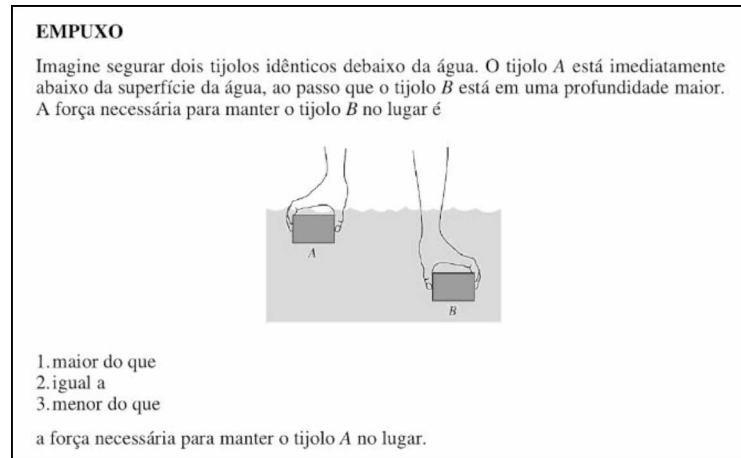


Figura 2 – Questão de teste conceitual sobre o princípio de Arquimedes. No caso de um líquido incompressível como a água, a segunda opção é a correta. Fonte: MAZUR, 2015, p. 11.

Etapa 3: Tempo para os estudantes pensarem (de 1 a 2 minutos)

Nesse momento, os estudantes devem pensar individualmente, ainda sem a interferência de algum colega. O professor deve garantir que não haja comunicação entre os estudantes, pois nessa etapa o intuito é verificar o que cada um deles pôde compreender do conteúdo exposto.

Etapa 4: Registo das respostas pelos alunos (o tempo varia de acordo com o método de votação adotado)

Nesse momento, os estudantes votam na resposta que eles consideram correta. É recomendado que o professor não forneça um tempo muito longo para essa análise, porque muitos dos estudantes (por extinto ou talvez por hábito) buscarão equações e ou métodos matemáticos para responder as questões, o que nem sempre será necessário. Para Mazur (2015), o sucesso no uso do IpC se deve à essa etapa, em que o professor tem um *feedback* a respeito das respostas dos estudantes. Isso é importante para que o professor perceba as dificuldades dos estudantes a partir das respostas que eles fornecem aos testes conceituais. Assim, o professor pode retornar ao conceito e discutir novamente o que não foi compreendido.

Para obter esse *feedback*, o professor pode fazer uso de vários recursos. Dentre eles, Mazur (2015, p. 17-18), ressalta a utilização de:

- a) Levantar as mãos: esse é o método mais simples, mas também é o mais demorado, porque o professor tem que analisar a quantidade de respostas para cada questão. Esse processo pode ser melhorado com a utilização de *flashcards* (cartões respostas), como mostrado na Figura 3.

- b) Ler os formulários: os estudantes anotam suas respostas e o nível de confiança antes e depois das discussões com os colegas, que devem ser lidas pelo professor após a aula.
- c) Dispositivos portáteis: os estudantes fazem uso da tecnologia digital, seja com o uso de aplicativos via *smartphones* (Figura 4), sistemas interativos via *Web* ou uso de *clickers*⁶.

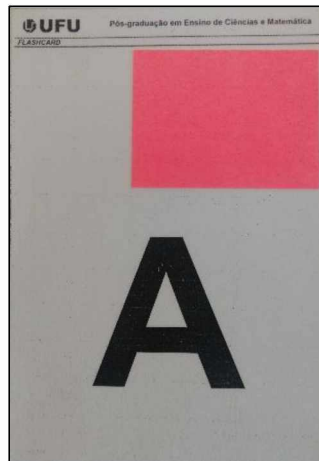


Figura 3 – *Flashcard* utilizado nesse projeto de pesquisa. Fonte: a autora.

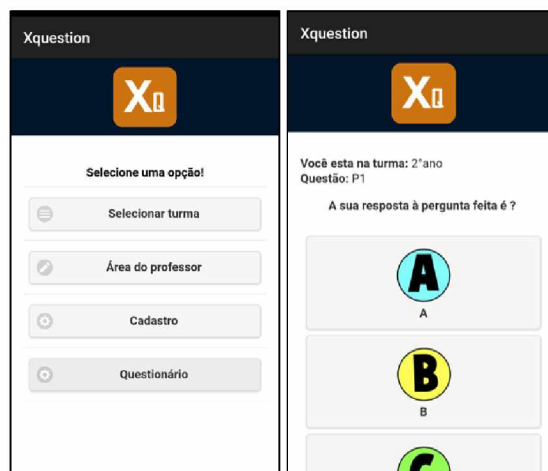


Figura 4 – Aplicativo *XQuestion* desenvolvido por um pesquisador do Nutec. Fonte: a autora.

Para esta pesquisa, a ideia inicial era utilizar o aplicativo *XQuestion*, desenvolvido pelo pesquisador do Nutec, Adilmar Dantas. O aplicativo foi desenvolvido com o propósito de substituir o uso dos *clickers*, que são muito caros. Entretanto, em virtude das dificuldades em garantir acesso à internet para todos os estudantes, optamos pela utilização dos *flashcards* para os alunos apontarem o item correspondente à sua resposta. O modelo utilizado foi inspirado no trabalho de Oliveira (2012).

⁶ Espécie de controle remoto sem fio que se comunica com o computador do professor para registrar as respostas dos estudantes.

Ainda na etapa 4, o professor deve fazer a seguinte análise:

- Se 30% ou menos dos estudantes optarem pela resposta correta, o professor revisa os conceitos apresentados (Etapa 1), buscando novas formas de revisar o conteúdo apresentado, e utilizando menos tempo do que foi proposto inicialmente. Após explicar novamente, passa para a etapa 2, podendo utilizar o mesmo TC apresentado no início ou uma questão parecida, desde que apresente os mesmos conceitos e possua os mesmos objetivos de aprendizagem do primeiro.
- Se entre 30% e 70% dos estudantes acertarem a questão, o professor passa para a etapa 5, que será apresentada adiante.
- Se 70% ou mais dos estudantes acertarem a questão, o professor segue para a etapa 7, também apresentada adiante.

Etapa 5: Os estudantes convencem seus colegas (IpC) (1 a 3 minutos)

Essa etapa é o foco da metodologia, em que os estudantes se agrupam (de 2 a 5 alunos, dependendo do tamanho da turma) para discutir suas respostas e tentar chegar a uma resposta em comum. Essa etapa só será necessária se na etapa 4 o número de acertos dos estudantes estiver entre 30% e 70% do total. O professor deve caminhar pela sala, entre os alunos, analisando como se dão as discussões, quais os argumentos utilizados pelos estudantes para convencer os colegas e observando, também, se são utilizados argumentos de senso comum para a justificativa de suas escolhas. Dessa forma, o professor pode utilizar partes das discussões durante a sua explicação da questão (etapa 7).

Etapa 6: Registro das respostas revisadas (o tempo varia de acordo com o método de votação adotado)

Após a discussão com os colegas estudantes votam novamente e o professor valida suas respostas. De acordo com Mazur (2015), cerca de 30% dos estudantes modificam sua resposta errada para a correta nessa fase da aplicação. Isso pode ser explicado pelo fato de que os estudantes têm uma linguagem diferente da utilizada pelos professores, sendo que aqueles que compreenderam os conceitos com a explicação fornecida, conseguem repassar a informação para os colegas de uma forma mais simples (MAZUR, 2015, p. 12).

Etapa 7: Explicação da resposta correta (de 2 a 5 minutos)

Após a análise quantitativa de respostas, o professor explica a resposta correta aos estudantes. Nesse caso o professor deve deixar claro qual a resposta correta e por quê, mas ao mesmo tempo garantir que os estudantes compreendam porque as outras opções estão incorretas. Caso a etapa 5 tenha sido realizada, os estudantes que acertaram e convenceram

seus colegas a mudar de opinião, também podem participar dessa etapa, explicando ao restante da turma qual argumento foi utilizado por eles.

Etapa 8: Próximo tópico ou novo TC

De acordo com o tempo da aula, o professor pode optar por trabalhar um novo conceito ou apresentar um novo TC. Para aulas curtas (de 45 a 50 minutos como são a maioria aqui no Brasil), recomenda-se que seja apresentado um novo TC, pois introduzir um novo conceito em um curto espaço de tempo não seria possível.

O método IpC pode ser utilizado isoladamente ou em conjunto com outras metodologias, como o EsM. Juntos, esses métodos ajudam estudantes e professores a monitorar o processo de ensino-aprendizagem. Enquanto o EsM ocorre de forma assíncrona (fora da sala de aula), o IpC fornece um *feedback* em tempo real (de forma síncrona). Portanto, a combinação dos dois métodos é útil para melhorar tanto a aprendizagem dos estudantes quanto o desenvolvimento de habilidades e atitudes (MAZUR, WATKINS, 2010).

Utilizando os dois métodos em conjunto, o professor faz uso das respostas às TL para nortear a sua aula, focando nas dificuldades apresentadas pelos estudantes. O professor pode utilizar os materiais de apoio em sua aula ou delinear um novo material, como achar conveniente. Após apresentar o conteúdo na forma de uma aula dialogada (entre 15 e 20 minutos), o professor apresenta os Testes Conceituais (TC) que devem ser respondidos pelos estudantes utilizando as formas de votação apresentadas anteriormente. Além disso, os estudantes podem expressar seu nível de confiança ao responder tais questões:

(A) baixa confiança, o que demonstra que o aluno não sabe a resposta correta ao Teste Conceitual e está escolhendo aleatoriamente uma alternativa, (B) média confiança, que demonstra que o aluno possui algum conhecimento sobre o conceito abordado na questão, mas não está com certeza na resposta e (C) alta confiança, que indica que o aluno possui certeza na resposta escolhida. (OLIVEIRA, 2012).

A Figura 5 apresenta uma linha do tempo que combina a utilização dos métodos IpC e EsM. O professor elabora o material de apoio e as TL e envia para os estudantes de 2 a 7 dias antes da aula. Os estudantes leem o material, respondem as questões e enviam as respostas para o professor, em até 12 horas antes da aula. De posse das respostas dos estudantes, o professor planeja a aula (ou então modifica o que já havia preparado para atender as dificuldades dos estudantes) e elabora os Testes Conceituais. Durante as aulas, a metodologia segue as etapas do IpC elencadas acima.

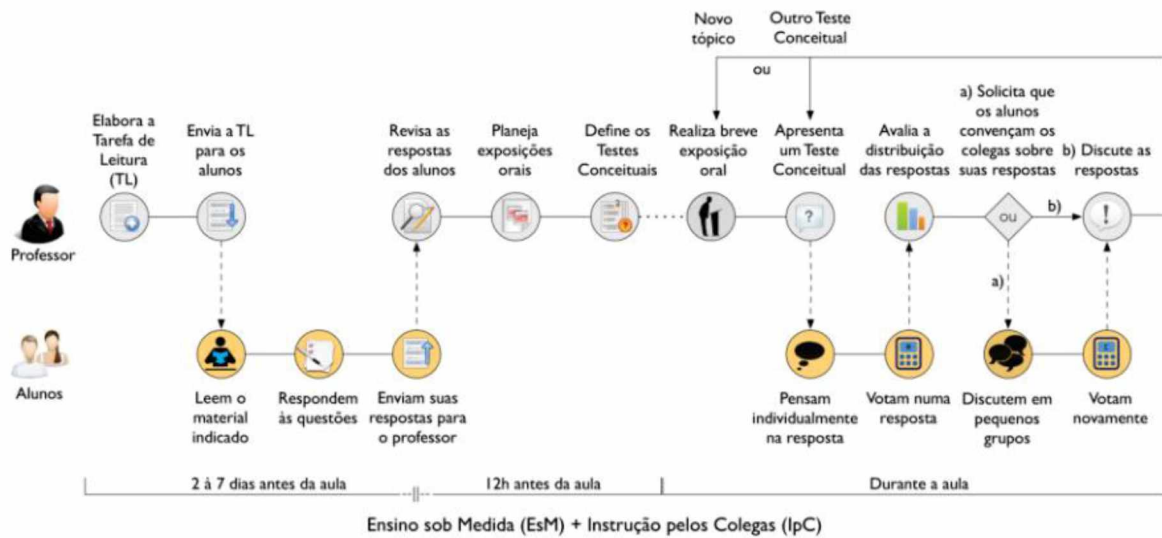


Figura 5 – Linha do tempo do EsM e do IpC. Fonte: MÜLLER, 2013, p.20.

Na sequência didática proposta nesse trabalho, algumas das aulas foram estruturadas utilizando as metodologias IpC e EsM e serão apresentadas com mais detalhes no Capítulo 3.

1.1.4. Taxonomia de Bloom Revisada

Além das metodologias ativas de aprendizagem, é importante utilizar um método de avaliação do conhecimento que instrua o professor a estabelecer objetivos de avaliação. Um dos métodos para tal fim é conhecido como Taxonomia de Bloom (FARIAS; MARTIN; CRISTO, 2015).

Em 1956, Benjamin Bloom, juntamente com outros colaboradores - M.D. Englehart, E. J. Furst, W. H. Hill e D. Krathwohl - escreveu a Taxonomia dos Objetivos Educacionais, cujo objetivo principal era definir uma hierarquia (de menos a mais complexa) a respeito do que os professores querem que os alunos saibam. Na definição da hierarquia, o sistema de classificação dos objetivos educacionais foi dividido em três domínios: Cognitivo, Afetivo e Psicomotor (HUITT, 2011).

As características básicas de cada um desses domínios podem ser resumidas em (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 422-423):

Cognitivo: relacionado ao aprender, dominar um conhecimento. Envolve a aquisição de um novo conhecimento, do desenvolvimento intelectual, de habilidade e de atitudes. Inclui reconhecimento de fatos específicos, procedimentos padrões e conceitos que estimulam o desenvolvimento intelectual constantemente. Nesse domínio, os objetivos foram agrupados em seis categorias e são apresentados numa hierarquia de complexidade e dependência (categorias), do mais simples ao mais complexo. Para ascender a uma nova categoria, é preciso ter obtido um desempenho adequado na

anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores. As categorias desse domínio são: Conhecimento; Compreensão; Aplicação; Análise; Síntese e Avaliação;

Afetivo: relacionado a sentimentos e posturas. Envolve categorias ligadas ao desenvolvimento da área emocional e afetiva, que incluem comportamento, atitude, responsabilidade, respeito, emoção e valores. Para ascender a uma nova categoria é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores para serem aprimoradas. As categorias desse domínio são: Receptividade; Resposta; Valorização; Organização e Caracterização; e

Psicomotor: relacionado a habilidades físicas específicas. Bloom e sua equipe não chegaram a definir uma taxonomia para a área psicomotora, mas outros o fizeram e chegaram a seis categorias que incluem ideias ligadas a reflexos, percepção, habilidades físicas, movimentos aperfeiçoados e comunicação não verbal. Para ascender a uma nova categoria, é preciso ter obtido um desempenho adequado na anterior, pois cada uma utiliza capacidades adquiridas nos níveis anteriores. As categorias desse domínio são: Imitação; Manipulação; Articulação e Naturalização.

A Taxonomia de Bloom foi largamente utilizada, discutida, analisada e criticada após sua publicação, passando por mudanças significativas em 1999, com a publicação do livro *A taxonomy for learning, teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy or educational objectives* (KRATHWOHL, 2002). O grupo de especialistas foi liderado por David Krathwohl, que participou da elaboração e publicação da primeira versão, em 1956 (FERRAZ; BELHOT, 2010). “Esse grupo tentou buscar o equilíbrio entre o que existia, a estruturação da taxonomia original e os novos desenvolvimentos incorporados à educação nos quarenta e poucos anos de existência” (FERRAZ; BELHOT, 2010, p. 425).

A Taxonomia de Bloom Revisada apresenta dois grandes eixos: a dimensão dos processos cognitivos e a dimensão dos conhecimentos. Apresenta, ainda, características hierárquicas, onde os objetivos de aprendizagem vão do mais simples ao mais complexo. Entretanto, apresenta maior flexibilidade, pois a dimensão dos conhecimentos pode ser atingida plenamente em qualquer um dos processos cognitivos esperados e vice-versa.

A Dimensão do Conhecimento representa uma variedade de conhecimentos que vão desde o concreto (factual) ao abstrato (metacognitivo) (Quadro 1). A Dimensão dos Processos Cognitivos representa um *continuum* de crescente complexidade cognitiva, desde Lembrar ao Criar (Quadro 2).

Segundo esta Taxonomia, cada nível de conhecimento pode corresponder a um nível de processo cognitivo, portanto, o aluno pode lembrar-se de um conhecimento factual ou procedimental, entender o conhecimento conceitual ou metacognitivo ou analisar o conhecimento metacognitivo ou factual (SILVA, N., 2013).

Quadro 1 – Taxonomia dos Objetivos Cognitivos - A Dimensão do Conhecimento.

CONHECIMENTO	
Factual (elementos para o conhecimento de uma disciplina ou para a solução de um problema)	<ul style="list-style-type: none"> • Terminologia • Conhecimento e Detalhes Específicos • Classificação e Categorias
Conceitual (as inter-relações entre os elementos básicos de uma estrutura que os permite funcionar juntos)	<ul style="list-style-type: none"> • Princípios e Generalização • Teoremas e Leis (Teorema de Pitágoras, Lei da Oferta e da Procura) • Teorias, Modelos e Estruturas
Procedimental (como fazer algo, métodos de questionamento, critérios para usar habilidades desenvolvidas, algoritmos, técnicas e métodos)	<ul style="list-style-type: none"> • Algoritmos e Habilidades Desenvolvidas (Skills) de um Assunto Específico • Critérios para determinar quando usar Procedimentos Apropriados
Metacognitivo (conhecimento da cognição em geral, assim como consciência e conhecimento da própria cognição)	<ul style="list-style-type: none"> • Estratégico • Tarefas Cognitivas, incluindo Conhecimento Contextual e Condicional • Autoconhecimento

Fonte: SILVA, N., 2013, p. 16-17.

Quadro 2 - Taxonomia dos Objetivos Cognitivos - A Dimensão dos Processos Cognitivos.

PROCESSOS COGNITIVOS	
LEMBRAR	<ul style="list-style-type: none"> • Reconhecimento (ou identificação, localização de conhecimentos prévios que sejam consistentes com a tarefa a ser solucionada) • Lembrança (é a recuperação de conhecimento prévio relevante)
ENTENDER	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretação (esclarecimento, paráfrase, representação ou tradução, ocorre quando se converte uma forma de informação em outra) • Exemplificação (ilustração, tornar concreto, é o oferecimento de um exemplo ou instância específicos para um conceito ou princípio geral) • Classificação (categorização, subordinação, determina que algo pertence a certa categoria) • Sumarização (abstração ou generalização, criação de um curto enunciado que sintetiza alguma informação do tema geral) • Inferência (conclusão, extrapolação, interpolação, predição, é o desenvolvimento de uma conclusão lógica a partir da informação dada) • Comparação (contraste, mapeamento, correspondência, procura detectar similaridades e diferenças entre dois ou mais objetos, eventos, ideias, problemas ou situações) • Explicação (construção de modelos, construir mentalmente e usar um modelo de causa e efeito de um sistema ou série)
APLICAR	<ul style="list-style-type: none"> • Execução (ou dar cabo, é quando a tarefa é um exercício) • Implementação (ou uso de um ou mais procedimentos numa tarefa desconhecida, quando essa é um problema)
ANALISAR	<ul style="list-style-type: none"> • Diferenciação (discriminação, seleção, distinção, enfoque, é determinar o que é relevante e o que é irrelevante). • Organização (busca de coerência, integração, explicitação ou definir função das partes, estruturação, é dizer como elementos funcionam dentro de uma determinada estrutura). • Atribuição (desconstrução, procurar pelo princípio fundamental, essência de uma mensagem, é determinar o ponto de vista, valores)
AVALIAR	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação (coordenação, detecção, monitoração, testagem, refere-se a julgamentos quanto à consistência interna, se um procedimento é ou não efetivo, enquanto está sendo implementado)

CRIAR	<ul style="list-style-type: none"> • Geração (hipotetização, fase divergente, a criação de hipóteses alternativas baseadas em um critério, listagem de soluções possíveis). • Planejamento (designing, fase convergente, é arquitetar um método para realizar uma tarefa, escolher a solução mais adequada) • Produção (construção, inventar um produto. Há uma descrição de uma meta e é preciso criar um produto que satisfaça a definição)
--------------	--

Fonte: SILVA, N., 2013, p. 17.

Apesar da hierarquia imposta por esta Taxonomia, não é necessário que o estudante passe por todos os níveis. Seu papel é definir os objetivos pretendidos em sala de aula, que podem ser desde à memorização de fatos até a produção de novos conhecimentos. A organização que a Taxonomia sugere auxilia o professor ao delinear esses objetivos e, posteriormente, analisar se foram efetivamente alcançados. Além disso, auxilia a direcionar atividades, avaliações e escolha de estratégias (FERRAZ; BELHOT, 2010).

No Quadro 3, apresentamos um exemplo de preenchimento da tabela da Taxonomia de Bloom, com objetivos pretendidos nas dimensões do conhecimento e dos processos cognitivos.

Sendo assim, utilizaremos a Taxonomia de Bloom Revisada para auxiliar a delinear as atividades e os objetivos cognitivos esperados para as TL e os TC deste trabalho. A utilização dessa Taxonomia se justifica pela necessidade das atividades propostas na metodologia do EsM e do IpC serem bem definidas e delineadas, no intuito de promover a aprendizagem ativa.

Quadro 3 – Objetivos de aprendizagem definidos pela Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão dos Processos Cognitivos						
Dimensão dos Conhecimentos	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual	Identificar mapas Listar nomes	Interpretar um parágrafo Resumir um livro	Usar algoritmo de matemática	Categorizar palavras	Fazer crítica a um artigo	Criar uma história curta
Conceitual	Definir níveis de taxonomia cognitiva	Descrever a taxonomia com suas próprias palavras	Escrever objetivos usando taxonomia	Diferenciar os níveis de taxonomia cognitiva	Criticar os objetivos descritos	Criar novo sistema de classificação
Procedimental	Listar etapas de resolução de problemas	Parafrasear o processo de resolução de problemas com suas próprias palavras	Usar o processo de resolução de problemas para a tarefa atribuída	Comparar técnicas convergentes e divergentes	Criticar a adequação das técnicas utilizadas na resolução de um problema	Desenvolver uma nova abordagem para a resolução de problemas
Metacognitivo	Listar elementos do estilo de aprendizagem pessoal	Descrever as implicações do estilo de aprendizagem	Desenvolver habilidades de estudo apropriadas ao estilo de aprendizagem	Comparar elementos de dimensões no estilo de aprendizagem	Criticar a adequação de uma determinada teoria do estilo de aprendizagem à própria aprendizagem	Criar uma teoria de estilo de aprendizagem original

Fonte: HUITT (2011) - adaptada

1.2. A Experimentação Remota

A utilização de experimentos em sala de aula para representar situações reais e/ou auxiliar na compreensão de conceitos é uma maneira de fazer com que os estudantes se interessem pelo conteúdo e percebam a sua real aplicação (SOUZA, 2006). Os documentos oficiais como PCN e LDB também evidenciam a importância das atividades experimentais, pois

[...] as práticas auxiliam na resolução de situações-problema do cotidiano, o que permite a construção de conhecimentos e a reflexão sobre diversos aspectos, levando ao aluno fazer interrelações. Este processo o capacita a desenvolver as competências, as atitudes e os valores que proporcionam maior conhecimento e destaque no cenário sociocultural. (LIMA, 2013, p. 256).

Todavia, a utilização desses experimentos em sala de aula se dá em pequena escala, porque

Um problema que dificulta ainda mais a aplicação da experimentação e das atividades práticas, principalmente nas escolas públicas, é o sucateamento dos recursos. Das poucas instituições públicas que têm esta infraestrutura, as tecnologias estão ultrapassadas, e já não atendem a demanda dos alunos, seja em número, seja em qualidade. (LIMA, 2013, p. 256).

Os custos inerentes aos experimentos físicos também são empecilhos para sua utilização. A falta de recursos financeiros das escolas públicas não permite que laboratórios específicos para disciplinas sejam construídos e mantidos. Assim, a experimentação via computador surge como uma alternativa viável a esse problema.

De acordo com dados do Censo Escolar (2015), de um total de 82.627 escolas públicas da área urbana no Brasil, 61% delas possuem laboratórios de informática, enquanto apenas 14% dispõem de laboratórios de ciências (Figura 6). Além disso, 85% dessas escolas contam com acesso à internet e 73% com banda larga (Figura 7).

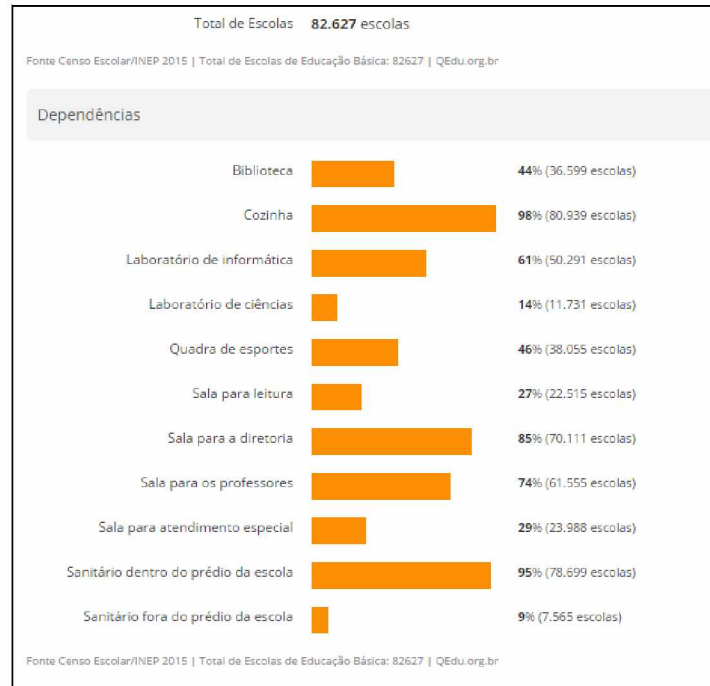


Figura 6 - Dados do Censo Escolar de 2015 referentes às dependências das escolas públicas da área urbana no Brasil.⁷

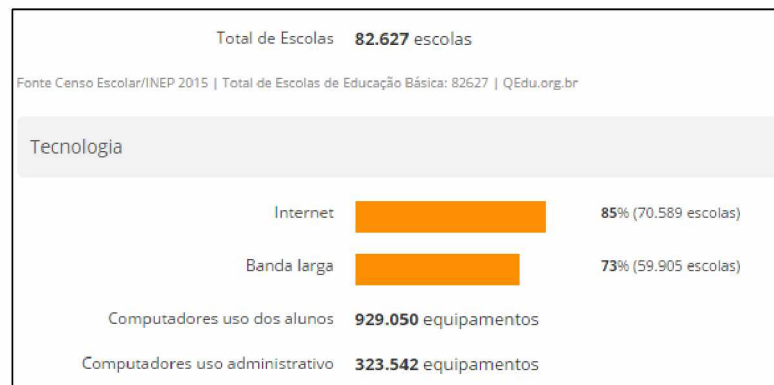


Figura 7 - Dados do Censo Escolar de 2015 referentes à tecnologia das escolas públicas da área urbana no Brasil.⁸

Verificando os dados obtidos na pesquisa, é perceptível a dificuldade em usar experimentos na sala de aula, devido à infraestrutura das escolas. Mas a tecnologia baseada na internet pode ser um recurso mais viável, já que é um recurso disponível de forma mais expressiva que os laboratórios convencionais.

⁷ Fonte: http://www.qedu.org.br/brasil/censo-escolar?year=2015&localization=0&dependence=0&education_stage=0&item=dependencias. Acesso em 05/01/2017.

⁸ Fonte: http://www.qedu.org.br/brasil/censo-escolar?year=2015&localization=0&dependence=0&education_stage=0&item=tecnologia. Acesso em 05/01/2017.

Em um laboratório remoto, o usuário possui acesso ao experimento real via internet, podendo manipulá-lo e verificar resultados de acordo com a interface criada para ele (Figura 8).



Figura 8 - Esquema de um laboratório de Experimentação Remota. Fonte: CARDOSO, 2008, p. 189.

Segundo Silva, R. (2013), os Laboratórios de Experimentação Remota (ou *WebLabs*) apresentam um recurso promissor para o processo de ensino e aprendizagem. A integração entre a tecnologia e os modelos tradicionais de ensino modifica a maneira como os estudantes se apropriam do conhecimento, partindo do pressuposto que a maioria deles é fluente no uso da tecnologia (SILVA, R., 2013).

A Experimentação Remota tem sido elemento de grande importância para os avanços do campo tecnológico quando se trata de automação de experimentos de laboratórios didáticos, voltados para oferecer oportunidade de acesso remoto a estudantes de cursos que não oferecem laboratórios físicos nas instituições de ensino. (SILVA, R., 2013, p. 315).

De acordo com Silva (2007):

Os laboratórios remotos para práticas buscam resolver de uma forma efetiva e prática os problemas de acesso aos laboratórios clássicos, com o objetivo de:

- Incrementar as atividades práticas em um curso (de forma que os alunos possam acessar a eles em qualquer horário, não somente quando esteja aberto o centro para temas docentes),
- Reduzir os custos de gestão e manutenção dos laboratórios (ao aumentar o uso em qualquer horário aos mesmos com um pessoal menor),
- Permitir o uso dos mesmos desde qualquer ponto geográfico de forma que se reduzam ou minimizem os custos de deslocamento, assim como a qualquer hora, permitindo desta forma resolver o problema dos fusos horários com outras zonas geográficas, e,
- Integrar em um mesmo ambiente as aplicações docentes das práticas, experimentação e trabalho no laboratório, com as atividades propriamente docentes mediante a integração de materiais, simulações e acesso a equipamentos e dispositivos. (SILVA, 2007, p. 121).

Sendo assim, a utilização dos laboratórios remotos nas escolas traz diversas vantagens, pois, além de aproximar os estudantes dos recursos tecnológicos, reduz custos de manutenção

(comparados a laboratórios clássicos) e ainda assim garante ao estudante a realização de um experimento real, que possa afirmar o fenômeno estudado.

Segundo Silva (2007), a utilização de laboratórios de experimentação remota apresenta as seguintes vantagens:

- Maior utilização dos equipamentos do laboratório. Ao estarem disponíveis os equipamentos 24 horas por dia, 365 dias ao ano seu rendimento é maior.
- Organização de laboratórios. Não é necessário manter abertos os laboratórios a todas as horas, basta com que estejam operacionais.
- Organização do trabalho dos alunos. Com os laboratórios remotos os alunos e professores podem organizar melhor seu tempo, de maneira similar aos horários de aulas.
- Aprendizagem autônoma. Os laboratórios remotos fomentam o trabalho autônomo, que é fundamental no modelo atual de educação superior.
- Abertura a sociedade. Os laboratórios remotos podem ser colocados à disposição da sociedade.
- Cursos não presenciais. Possibilitam a organizar cursos totalmente não presenciais, evitando muitos dos problemas atuais.
- Inserção dos usuários em um contexto real. Uma vez que elementos hardware passam a ser controlados através de um computador e comandados utilizando técnicas software/hardware passam os usuários a estarem inseridos em um contexto real de aprendizagem. (SILVA, 2007, p. 135).

Acreditamos que, por permitir acesso ao experimento a qualquer momento e de qualquer lugar, a experimentação remota pode ser incorporada regularmente ao planejamento didático do professor e ter os seus diversos aspectos explorados ao longo de todo o ano letivo.

A utilização de experimentos remotos para o ensino de Física pode ser uma alternativa na tentativa de incluir métodos procedimentais ao método teórico, enfatizado nas aulas dessa disciplina (SILVA, 2007). No entanto, devem ser realizadas mais pesquisas na área, apresentando resultados que possam afirmar (ou não) sua potencialidade no ensino das ciências.

1.2.1. O experimento remoto para o estudo da calorimetria

O aparato experimental utilizado para estudar a calorimetria está montado no Nutec. O experimento se baseia em uma maquete de residência que permite o estudo quantitativo de diversas transformações de energia (Figura 9). O usuário pode visualizar, manipular e analisar transformações de energia elétrica em energias luminosa, sonora, mecânica e térmica e da energia mecânica em elétrica.



Figura 9 – Fase de montagem da maquete da residência. Fonte: a autora.

A maquete apresenta quatro ambientes, que são: a sala, o quarto, a sauna e a academia de ginástica. Cada um dos cômodos apresenta características específicas a serem estudadas, sendo basicamente:

- Quarto: transformação da energia elétrica em energia luminosa.
- Sala: transformação da energia elétrica em energia luminosa, energia sonora e energia mecânica.
- Sauna: transformação da energia elétrica em energia luminosa e energia térmica.
- Academia de ginástica: transformação de energia mecânica em elétrica.

A fonte de energia que a casinha (maquete) recebe provém de uma placa fotovoltaica, que transforma a energia luminosa (proveniente de uma lâmpada halógena) em energia elétrica, a ser distribuída para todos os cômodos (Figura 10).



Figura 10 – Placa fotovoltaica que fornece energia elétrica para o experimento. Fonte: a autora.

Para a realização desse trabalho, apenas o cômodo referente à sauna será investigado. Esse cômodo possui dimensões de 10,1 cm x 12,5 cm x 23,4 cm e foi projetado para realizar o estudo da calorimetria, observando a transformação de energia elétrica em energia térmica e luminosa. Para isso, se encontra vedado frontalmente com uma placa de vidro (para que o usuário possa visualizar o interior por uma *webcam*) e foram colocados no seu interior uma lâmpada incandescente e dois sensores de temperatura posicionados em pontos distintos.

A lâmpada tem a função de aquecer o ambiente, cuja temperatura é obtida em dois pontos distintos, sendo visualizada em um mostrador instalado na parte externa da maquete (Figura 11).

O cronômetro pode ser disparado e travado pelo usuário e serve para a realização de gráficos da temperatura em função do tempo em estudos da potência térmica envolvida no processo de aquecimento do ambiente.



Figura 11 – Visor que apresenta os valores de temperatura medidos pelos sensores e o cronômetro. Fonte: a autora.

Segundo dados do INMETRO⁹ (2014), a eficiência energética¹⁰ das lâmpadas incandescentes varia entre 7,9 e 12,9 lm/W. Ou seja, nas lâmpadas incandescentes mais eficientes, apenas 12,9% da energia elétrica recebida é transformada em energia luminosa. O restante (87,1% de energia elétrica) é transformado em energia térmica. Em nossos experimentos prévios de caracterização da capacidade térmica da lâmpada instalada no interior do ambiente, obtivemos uma eficiência térmica de 95%, o que significa que, dos 20 W de potência real consumida pela lâmpada, 19W são fornecidas ao ambiente da casinha na

⁹ Fonte: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/incandecente.pdf>. Acesso em 06/08/2015

¹⁰ É calculada pela divisão entre o fluxo luminoso emitido em lúmens e a potência consumida pela lâmpada em Watts. A unidade de medida é o lúmen por Watt (lm/W).

forma de calor e apenas 1W na forma de luz. Esse valor da capacidade térmica da lâmpada será fornecido aos usuários.

Utilizando o experimento, será possível: discutir o processo de transformação da energia elétrica em energia luminosa e energia térmica, compreender o significado físico do calor, compreender e utilizar a capacidade calorífica e o calor específico de substâncias, compreender e utilizar a equação de troca de calor entre sistemas, discutir como obter a capacidade térmica de uma lâmpada, discutir a eficiência luminosa das lâmpadas incandescentes, calcular a quantidade de energia térmica emitida pela lâmpada a partir da variação de temperatura sofrida no ambiente e determinar a capacidade térmica do ambiente a partir da curva da temperatura em função do tempo.

O resultado das ações do usuário pode ser visualizado por um conjunto de *webcams*. Uma *webcam* está posicionada em frente ao cômodo, para permitir ao usuário verificar o funcionamento da lâmpada; outra *webcam* permitirá que o usuário acompanhe o valor da temperatura no cômodo, através de um display LCD.

Para que o experimento remoto se aproxime de uma representação real de uma sauna, foram realizadas algumas mudanças em seu layout, apresentado na Figura 12.

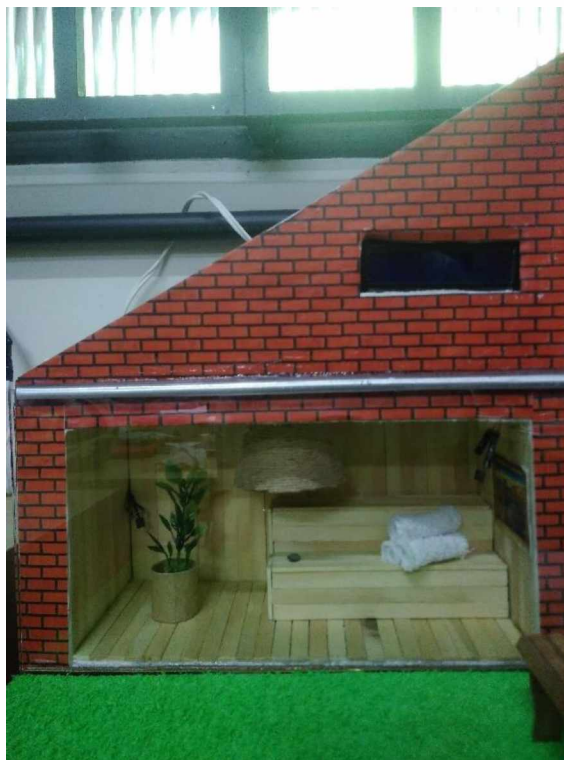


Figura 12 – Cômodo do experimento remoto que representa uma sauna. Fonte: a autora.

2. METODOLOGIA DE PESQUISA

A pesquisa descrita neste trabalho se trata de um Estudo de Caso, de cunho qualitativo (YIN, 2001), realizada com alunos do segundo ano do ensino médio do turno matutino de uma escola estadual localizada em uma região periférica da cidade de Uberlândia-MG.

Por se tratar de uma escola estadual, a quantidade de aulas para o conteúdo de Física é pequena, apenas duas aulas semanais. Sendo assim, a sequência didática desenvolvida (Apêndice E) está perfeitamente integrada aos conteúdos programados para aquela etapa da educação formal. A sequência didática foi concebida com base em atividades que promovam a aprendizagem ativa e criamos um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) na plataforma Moodle como suporte à metodologia utilizada. Além disso, a comunicação entre a pesquisadora e os alunos foi mantida via aplicativo *WhatsApp*.

Inicialmente, as aulas seriam no laboratório de informática da escola, entretanto o mesmo não foi montado até o final da aplicação da metodologia. Em muitas conversas com a diretora da escola, a professora sugeriu que alguns pesquisadores do Nutec poderiam ir à escola fazer a montagem dos computadores (que já haviam sido comprados), mas como havia uma licitação para tal serviço, a diretora preferiu aguardar a empresa responsável ir fazer a montagem, o que não ocorreu até a finalização da aplicação desse projeto. Como o laboratório estava indisponível, as aulas foram realizadas na sala de vídeo e na própria sala de aula, com o auxílio de projetores e do *notebook* da professora. As aulas ocorriam às quintas e sextas-feiras, no 2º horário (das 07h50min às 08h40min, totalizando 50 minutos de aula).

A análise da sequência proposta e sua implementação está subsidiada em cinco formas de registro:

- A filmagem das aulas: ocorreram por meio de uma câmera posicionada em um dos cantos da sala, de modo que pudesse filmar todos os alunos participantes da pesquisa.
- Gravação de áudio: as gravações foram feitas pelo celular da professora, com o intuito de gravar com mais precisão a fala dos alunos (quando um aluno questionava ou respondia, a professora se dirigia para perto dele, para obter uma gravação audível).
- O diário de bordo da professora: após o término da aula a professora fazia anotações que pudessem auxiliar a análise posterior de cada aula, como: número de alunos participantes, como ocorreu o envolvimento dos alunos, disciplina em sala de aula, dúvidas dos alunos e opinião própria acerca da aplicação.

- Produções escritas dos alunos: além das respostas às TL (via Moodle) e TC (na sala de aula), durante a aplicação foram propostas atividades em grupos e os alunos entregaram seus trabalhos escritos e/ou via *e-mail* para a professora.
- Questionários: antes da aplicação da sequência didática, os alunos responderam um questionário sobre sua Cultura Digital (Apêndice A) e, ao final da mesma, outro questionário relatando sua opinião sobre a pesquisa e sugestões de melhoria (Apêndice B).

A pesquisa ocorreu no segundo semestre de 2016 e 13 aulas foram destinadas à sua aplicação. O Quadro 4 apresenta a distribuição das aulas, os conceitos físicos envolvidos em cada encontro e as estratégias utilizadas em sala de aula.

Quadro 4 – Distribuição das aulas.

ENCONTROS	CONTEÚDOS	ESTRATÉGIAS
Aula 1	Apresentação das Metodologias IpC e EsM	<ul style="list-style-type: none"> • Diálogo com os alunos a respeito da carreira profissional; • Apresentação oral dos métodos IpC e EsM; • Entrega do termo de esclarecimento e consentimento; • Realização do cadastro dos alunos na plataforma Moodle.
Aula 2	História da Ciência - Calorimetria Calor Temperatura Equilíbrio térmico	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das respostas às TL para definir a abordagem dos conceitos a serem trabalhados em sala de aula; • Formato de aula dialogada; • Aplicação de Testes Conceituais.
Aulas 3 e 4	Corrente Elétrica Resistência Elétrica Tensão Elétrica Circuitos Elétricos Simples 1ª Lei de Ohm Funcionamento de Lâmpadas Incandescentes e Fluorescentes	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das respostas às TL para definir a abordagem dos conceitos a serem trabalhados em sala de aula; • Formato de aula dialogada; • Aplicação de Testes Conceituais.
Aula 5	Sistemas Físicos (abertos, fechados e isolados) Efeito Estufa	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das respostas às TL para definir a abordagem dos conceitos a serem trabalhados em sala de aula; • Formato de aula dialogada; • Aplicação de Testes Conceituais.
Aula 6	Capacidade térmica	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das respostas às TL para definir a abordagem dos conceitos a serem trabalhados em sala de aula; • Formato de aula dialogada; • Aplicação de Testes Conceituais.
Aula 7	Calor específico	<ul style="list-style-type: none"> • Análise das respostas às TL para definir a abordagem dos conceitos a serem trabalhados em sala de aula; • Formato de aula dialogada; • Aplicação de Testes Conceituais.

Aula 8	Propagação de Calor (Experimento <i>hands-on</i>)	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de experimento simples, utilizando material de baixo custo, que permite a visualização de fenômenos físicos justificados pelos processos de propagação de calor; • Promover o trabalho em grupo.
Aulas 9 e 10	Propagação de Calor	<ul style="list-style-type: none"> • Aula dialogada a respeito dos processos de propagação de calor: condução, convecção e irradiação térmicas; • Utilização de exemplos do cotidiano para demonstrar a aplicação dos conceitos; • Discutir a relação dos conceitos com o experimento realizado na aula 8.
Aulas 11, 12 e 13	Experimento remoto	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do experimento remoto; • Análise conceitual e abordagem matemática a respeito do processo de aquecimento em um sistema fechado; • Relembrar os conceitos vistos anteriormente; • Realizar a experimentação e a análise gráfica dos dados colhidos no experimento remoto.

Fonte: a autora.

Os objetivos de aprendizagem (Quadro 5) foram definidos de forma que pudéssemos verificar se houve a promoção da aprendizagem ativa (LAASER, 2000, apud VICHINSKY, 2014; BLOSSER, 1988, apud AZEVEDO, 2004), ao invés de focar na compreensão dos conceitos. Isso porque a análise dos conhecimentos físicos adquiridos deve ser realizada a longo prazo, não sendo possível ser mensurado durante o curto período de tempo das aulas.

Quadro 5 – Objetivos de aprendizagem.

	Objetivos de Aprendizagem
A	Motivar a participação dos estudantes
B	Despertar o interesse do estudante pelo tema
C	Desenvolver o pensamento crítico
D	Desenvolver a capacidade de solucionar problemas
E	Desenvolver a habilidade de argumentar
F	Desenvolver a habilidade de manipular experimentos
G	Desenvolver a habilidade de trabalhar em grupo
H	Desenvolver a habilidade de formular hipóteses
I	Desenvolver a habilidade de realizar cálculos matemáticos
J	Desenvolver a observação de fenômenos físicos, bem como sua compreensão
K	Desenvolver as habilidades de construir e analisar gráficos
L	Perceber os conceitos físicos envolvidos em situações cotidianas
M	Desenvolver as habilidades de manipular e analisar dados experimentais
N	Desenvolver a habilidade de inferir sobre resultados matemáticos
O	Promover autonomia do estudante no processo de ensino-aprendizagem

Fonte: a autora.

Os objetivos cognitivos foram definidos para que as questões estivessem alinhadas aos objetivos de aprendizagem esperados. Esse delineamento auxilia o professor a escolher as atividades e os materiais a serem utilizados em sala de aula, bem como definir os conhecimentos físicos que devem ser trabalhados. Os objetivos cognitivos estabelecidos para essa sequência didática se encontram no Quadro 6. Os momentos representam em que situações os objetivos pleiteados devem ser observados, sendo representados pelas aulas e pelos Testes de Leitura (TL) e Testes Conceituais (TC), descritos nos próximos tópicos.

Quadro 6 – Objetivos cognitivos esperados e os momentos da aplicação em que devem ser observados.

	Objetivos Cognitivos	Momentos
1	Reconhecer as dificuldades encontradas no material de leitura.	TL1, TL2, TL5, TL7 e TL11
2	Descrever os conceitos físicos referentes ao material de leitura.	TL3 e TL5
3	Relembrar o conceito de calor.	TL4 e TC3
4	Compreender os conceitos de temperatura, calor e equilíbrio térmico.	Aula 2
5	Distinguir o conceito de calor usado no cotidiano de seu significado científico.	TC1
6	Relembrar o conceito de temperatura.	TC2
7	Reconhecer tipos de energia.	TL6
8	Compreender os conceitos de resistência, corrente e tensão elétrica.	Aula 3
9	Entender o funcionamento das lâmpadas incandescentes.	Aula 3
10	Verificar a aplicação dos conceitos de resistência, corrente e tensão elétrica em uma situação cotidiana.	TC4
11	Reconhecer as transformações de energia que ocorrem em um chuveiro elétrico.	TC4
12	Interpretar um circuito elétrico fechado.	TC5
13	Reconhecer o efeito estufa.	TL8
14	Identificar um sistema aberto.	TL9
15	Identificar os tipos de fronteiras.	TL10
16	Reconhecer sistemas termodinâmicos.	Aula 4
17	Entender o efeito estufa.	Aula 4
18	Identificar as causas do efeito estufa.	TC6 e TC7
19	Relacionar o efeito estufa à uma estufa de alimentos.	TC6
20	Aplicar o conceito de capacidade térmica.	TL12
21	Analisar um fenômeno físico.	TL13
22	Entender o conceito de capacidade térmica.	Aula 6

23	Aplicar o conceito de capacidade térmica.	TC8, TC9 e TC12
24	Calcular a capacidade térmica de um corpo.	TC10
25	Aplicar o conceito de calor específico.	TL15, TL16 e TC12
26	Relacionar os conceitos de calor específico e variação de temperatura.	TC11
27	Calcular o calor específico de uma substância.	TC13
28	Verificar experimentalmente os processos de propagação de calor.	Aula 8
29	Compreender os processos de condução, convecção e irradiação térmica.	Aulas 9 e 10
30	Relacionar o experimento aos conceitos físicos.	Aula 10
31	Aplicar os conceitos da calorimetria.	Aulas 11, 12 e 13
32	Manipular o experimento remoto.	Aulas 11, 12 e 13
33	Realizar cálculos matemáticos.	Aulas 11, 12 e 13
34	Construir gráficos.	Aulas 11, 12 e 13
35	Inferir sobre resultados.	Aulas 11, 12 e 13

Fonte: a autora.

Além de definir os objetivos cognitivos, os mesmos foram delineados segundo a Taxonomia de Bloom Revisada, em relação às Dimensões do Conhecimento e dos Processos Cognitivos, apresentados no Quadro 7.

Quadro 7 – Objetivos cognitivos, segundo a Taxonomia de Bloom Revisada.

Dimensão dos Conhecimentos	Dimensão dos Processos Cognitivos					
	Lembrar	Entender	Aplicar	Analisar	Avaliar	Criar
Factual	Objetivos 1, 2, 3 e 16					
Conceitual	Objetivos 6, 14 e 15	Objetivos 4, 5, 7, 8, 13, 17, 20, 22 e 29	Objetivos 23 e 25	Objetivos 18, 19 e 26		
Procedimental		Objetivos 11, 12, 24 e 27	Objetivos 9, 31 e 33	Objetivos 21 e 28.	Objetivos 10, 30 e 32	Objetivo 34
Metacognitivo		Objetivo 35				

Fonte: a autora.

Para identificar os alunos na descrição da pesquisa, garantindo o anonimato dos mesmos, usaremos a letra A acompanhada de um número, por exemplo, aluno A1. A numeração atribuída a cada estudante foi determinada aleatoriamente, de forma que apenas a pesquisadora pudesse identifica-los. De forma semelhante, criamos um código para fazer referência aos grupos de trabalho, pois algumas atividades foram realizadas em grupo. Nesse caso, usaremos a letra G acompanhada de um número, por exemplo, grupo G1.

Em seguida, descrevemos detalhadamente as aulas e, em seguida, analisamos os objetivos de aprendizagem esperados, verificando se os mesmos foram alcançados, de acordo com o propósito de promover a aprendizagem ativa.

3. RELATO DA APLICAÇÃO E ANÁLISES

3.1. Primeira Aula

Na primeira aula, os alunos foram levados para a sala de vídeo. Havia 24 alunos presentes. O intuito dessa aula foi apresentar aos alunos o projeto de pesquisa, explicando como aconteceriam nossas próximas aulas.

Para que os alunos se sentissem à vontade, iniciei a apresentação contando sobre a minha trajetória acadêmica. Foi um momento descontraído com os alunos, principalmente quando questionaram minha idade e perceberam que ainda eram muito novos (entre 5 e 7 anos) quando eu já estava ingressando na Universidade. Nesse momento comentei o fato de ter desistido da Universidade logo no primeiro semestre, pelo fato de ser muito jovem e ter muitas dúvidas a respeito da carreira profissional e muitos se colocaram em seu lugar, por não saberem ainda qual curso escolher. Descrevi as dificuldades que enfrentei ao trabalhar e estudar no primeiro ano do curso e a maioria disse que também tem receio de passar por isso.

Em seguida, expliquei o que é o mestrado profissional e o que é o produto educacional, fruto da pesquisa acadêmica em questão. Apresentar a trajetória acadêmica fez com que os alunos conhecessem a minha realidade, motivando-os a fazer parte do projeto de pesquisa.

Dando sequência, apresentei as metodologias IpC e EsM, informando os objetivos de sua utilização, vantagens e benefícios para o provimento da aprendizagem ativa. Em seguida, esclareci sobre as TL, informando como eles deveriam proceder para se cadastrar na plataforma Moodle. Quando eu disse que eles teriam tarefas semanais, muitos reclamaram, mas a turma foi acalmada com a informação de que eles teriam um prazo suficiente para fazer

as atividades e que o objetivo maior era a participação dos mesmos nas atividades, que seriam avaliados pelo seu esforço e não pelas respostas certas ou erradas.

Como as aulas nessa turma ocorriam nas quintas e sextas-feiras, combinei com eles que o material das TL seria disponibilizado na sexta às 14h e ficaria disponível para acesso até terça, às 23h59min, para que eu tivesse tempo suficiente de fazer a análise das respostas e adequar a aulas às suas dificuldades.

Em seguida, perguntei aos estudantes se eles sabiam o que era experimento remoto e a resposta foi não. Apesar de responder que não sabia o que era experimento remoto, o estudante E1 disse que “deve ser algo que fica muito longe da gente, não podemos manusear”. Concordei que o intuito do experimento remoto é de não ser manuseado presencialmente (apesar de ser possível fazê-lo), mas que poderia ser manipulado via *internet*.

Para facilitar a comunicação, os alunos sugeriram eu fizesse parte do grupo deles no aplicativo *WhatsApp*, já que os encontros presenciais ocorriam apenas duas vezes durante a semana. Dessa forma, qualquer dúvida em relação ao acesso à Moodle ou à realização das atividades poderia ser resolvido de forma mais rápida.

Os alunos receberam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C) e foram informados de que as aulas seriam filmadas e gravadas, mas que as imagens não seriam divulgadas. Nesse momento alguns alunos questionaram que não queriam ter sua imagem gravada e novamente reforcei que o objetivo das filmagens não era para fins de divulgação, apenas para análise posterior pela pesquisadora e todos concordaram em assinar o documento. Os alunos foram orientados a entregar o termo assinado por eles e pelos responsáveis na próxima aula.

Para finalizar a primeira aula, orientei os alunos a responder uma pesquisa sobre a Cultura Digital para que eu pudesse avaliar a aplicabilidade do projeto.

3.1.1. Questionário de Identificação da Cultura Digital

Para avaliar a relação dos estudantes com as tecnologias de informação e comunicação, foi solicitado que os alunos respondessem o questionário sobre sua Cultura Digital (Apêndice A). O questionário foi viabilizado no *Google Forms*¹¹ e os alunos receberam o *link* via Moodle e *WhatsApp*. 14 alunos responderam às perguntas.

A aplicação desse questionário foi importante para analisar a viabilidade do projeto, pois os alunos teriam que acessar a *internet* regularmente para fazer a leitura dos materiais de

¹¹ O *Google Forms* é uma ferramenta do *Google* para criar formulários, convites, enquetes, entre outros.

estudo, responder às TL e, posteriormente, utilizar o experimento remoto. Como a escola não tinha disponibilizado o laboratório de informática, esse acesso dos alunos deveria ser feito de outro local, por isso nos asseguramos de que isso seria possível.

Dos 14 alunos que responderam ao questionário, apenas um deles afirmou não ter acesso à *internet*, nem por computador e nem pelo celular, mas em conversa posterior com esse aluno ele informou que poderia acessar da casa de um amigo, portanto sua participação no projeto não ficaria comprometida.

Além disso, 12 dos alunos informaram que utilizavam o *WhatsApp* regularmente, o que facilitou a comunicação entre os alunos e a professora. Todos os alunos afirmaram ser a favor da utilização do celular em sala de aula, entretanto 6 afirmaram concordar com restrições. Em conversa posterior em sala, questionei quais seriam essas restrições. A aluna A2 disse que “não sou a favor de usar o celular o tempo todo, porque a gente tem que copiar um pouco no caderno também. Às vezes a gente salva as coisas no celular e depois até esquece, no caderno não”.

Portanto, mesmo com as restrições de infraestrutura da escola, os alunos se mostraram dispostos e verificamos que seria viável a utilização das TIC previstas nesse projeto de pesquisa.

Em relação aos objetivos de aprendizagem, podemos verificar que os objetivos A e B foram atingidos parcialmente, pelos alunos que responderam ao questionário. Ao serem perguntados sobre a utilização do celular e de novas tecnologias em sala de aula, a maioria disse ser favorável, fator importante para o andamento das próximas aulas.

3.2. Segunda Aula

3.2.1. Tarefas de Leitura

Antes da segunda aula, os alunos fizeram a leitura do texto “Calórico versus Calor” e assistiram o vídeo¹² “Calor”.

O texto traz uma visão histórica sobre a definição do conceito de calor, trazendo as ideias de alguns cientistas importantes sobre o assunto. O objetivo dessa leitura é mostrar que a forma como entendemos o calor hoje foi modificada ao longo do tempo e que, desde a antiguidade, cientistas tentavam explicar os fenômenos relacionados à calorimetria.

O vídeo também traz uma visão histórica explicando o conceito de calórico (que foi aceito por muito tempo para explicar os fenômenos físicos) e, posteriormente, explicita o

¹² Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=hwqzYidL-HQ>.

conceito de calor como entendemos hoje. O vídeo foi escolhido pela linguagem simples utilizada pelo interlocutor, que entendemos que seria de fácil entendimento pelos alunos.

Foram formuladas 4 TL (Quadros 8 a 11) para esse material e 16 alunos responderam às perguntas. Abaixo, colocamos uma análise das respostas dadas pelos alunos e alguns exemplos das respostas discursivas.

Quadro 8 – Tarefa de Leitura 1.

Após a leitura do texto de apoio e a visualização do vídeo, você achou alguma coisa confusa?

a. Sim
b. Não

Apenas 3 alunos marcaram a opção (a) Sim na TL1. Conforme apresentado anteriormente, os materiais foram escolhidos por serem de fácil entendimento por parte dos alunos. Sendo assim, a maioria afirmou conseguir compreender o conteúdo exposto sem maiores dificuldades.

Quadro 9 – Tarefa de Leitura 2.

Em caso afirmativo na questão 01, você poderia informar qual(is) parte(s) da tarefa de leitura você achou confusa?

Na TL2, o aluno A21 relatou que “A história da qual eles teve (sic) o conflito sobre suas teorias não entendi muito sobre isso”, o aluno A26 disse que “não entendi muito bem o que é calor” e o aluno A24 afirmou que “Acredito que eu tenha dificuldade na própria matéria de física”.

Notamos que apenas dois alunos relataram não ter compreendido partes específicas do material. O aluno A24 não foi muito específico em relação às suas dificuldades, o que dificulta a elaboração das exposições nas aulas em sala de aula.

Quadro 10 – Tarefa de Leitura 3.

Dentre os conceitos que você compreendeu, destaque aquele que achou mais importante.

Algumas respostas à TL3 (Quadro 11) foram:

A2: *Calor é o resultado da agitação das moléculas.*

A6: *Que o calor e a energia se transferem entre corpos com temperaturas diferentes.*

A8: *Que o calor precisa de outro corpo.*

A15: *Em meados do século 18 houve a invenção de uma máquina que foi a grande responsável pela primeira revolução industrial. A máquina térmica, que mesmo apesar das*

máquinas estarem funcionando a todo vapor, não tinha uma teoria científica que explicasse esse funcionamento.

A26: A curiosidade do homem desde o princípio da humanidade de como o fogo aquecia os corpos.

As respostas dos alunos A2, A6 e A8 estão relacionadas diretamente ao conceito de calor. Verificamos que o aluno A2, apesar de ter respondido anteriormente que compreendeu o conteúdo, definiu erroneamente o conceito de calor, confundindo com o conceito de temperatura. Essa dificuldade em diferenciar os dois conceitos é comum por parte dos alunos, por isso a exposição oral foi direcionada para sanar essa dificuldade.

Já os alunos A15 e A26 comentaram a respeito da análise histórica relatada no material. A frase elaborada pelo aluno A15 faz parte do vídeo do material de leitura, demonstrando que o aluno realmente assistiu ao vídeo.

Verificamos que as respostas dos alunos à TL3 não foram voltadas apenas para o conceito de calor, mas também que a análise histórica lhes foi interessante, sendo citada em 8 das 16 respostas. Acreditamos que entender a história por trás dos conceitos é muito importante para que o aluno não tenha aquela ideia de que a ciência é algo pronto, mas sim algo que sofre mudanças e que novas ideias aparecem a todo o momento, podendo modificar o que tratamos como verdade absoluta.

Quadro 11 – Tarefa de Leitura 4.

Fonte: AFA-SP

Assinale a alternativa que define corretamente calor.

- a. Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b. É uma forma de energia contida nos sistemas.
- c. É uma energia de trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
- d. É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- e. É uma forma de energia em trânsito, do corpo mais frio para o mais quente.

Para a última pergunta (Quadro 11), escolhemos uma questão de vestibular, com o objetivo de lembrar o conceito de calor. 11 alunos acertaram a resposta (letra C), 2 alunos responderam que a correta seria a letra E e 3 assinalaram a letra A.

Novamente percebemos que alguns alunos não conseguiram diferenciar calor de temperatura, tratando a letra A como resposta correta. Apesar disso, 68,75% dos alunos responderam a resposta correta, índice que consideramos satisfatório para a primeira aplicação da metodologia.

3.2.2. Exposição em Sala de Aula

Na segunda aula, os alunos foram levados para a sala de vídeo e 17 alunos estavam presentes. No início da aula os alunos receberam os *flashcards* para as votações.

Para essa aula, foi elaborada uma linha do tempo com aspectos históricos do desenvolvimento dos conceitos ligados ao calor. Em seguida discutimos a diferença entre calor e temperatura.

Ao discutir os aspectos históricos, o propósito foi mostrar para os alunos que desde a antiguidade os cientistas buscam compreender e definir conceitos (que hoje adotamos como conceitos físicos) de modo a explicar e justificar fenômenos da natureza. Foram apresentadas brevemente as ideias de 14 cientistas. Nesse momento, julgamos importante mostrar aos alunos que as ideias não seguem um padrão evolutivo, ou seja, as ideias não evoluem com o tempo, mas sim novas teorias surgem a respeito. Os alunos devem ser capazes de reconhecer que os estudos e as teorias formuladas desde a antiguidade foram aceitos por um tempo e que, naquela época, eram suficientes para explicar os fenômenos físicos.

Para cada cientista citado, foi colocada uma imagem e uma breve descrição de suas ideias (Figuras 13 e 14).

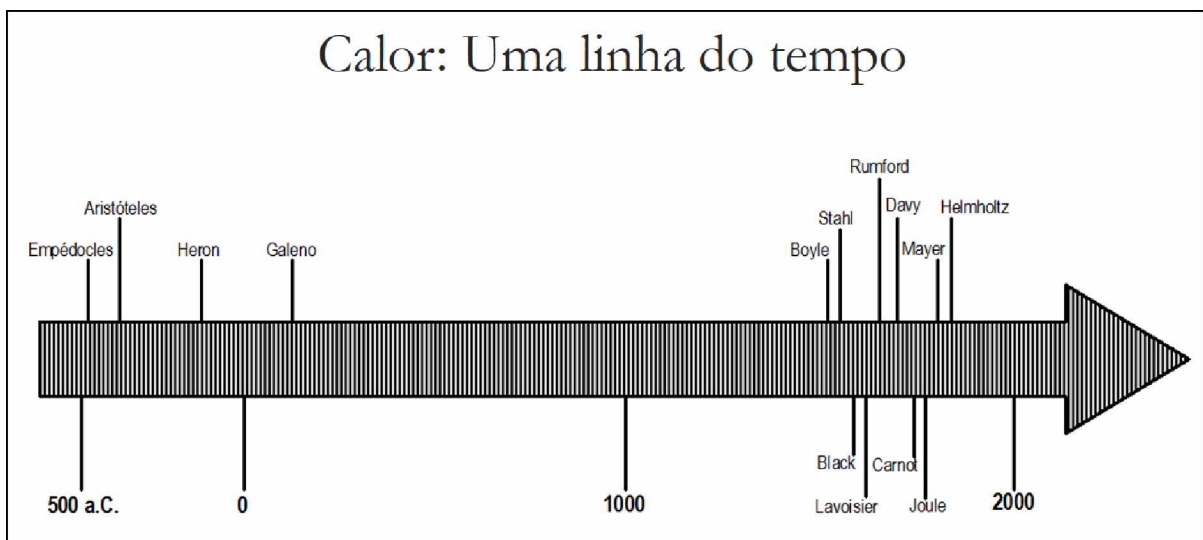


Figura 13 – Linha do tempo com aspectos históricos do desenvolvimento dos conceitos ligados ao calor.
Fonte: a autora.

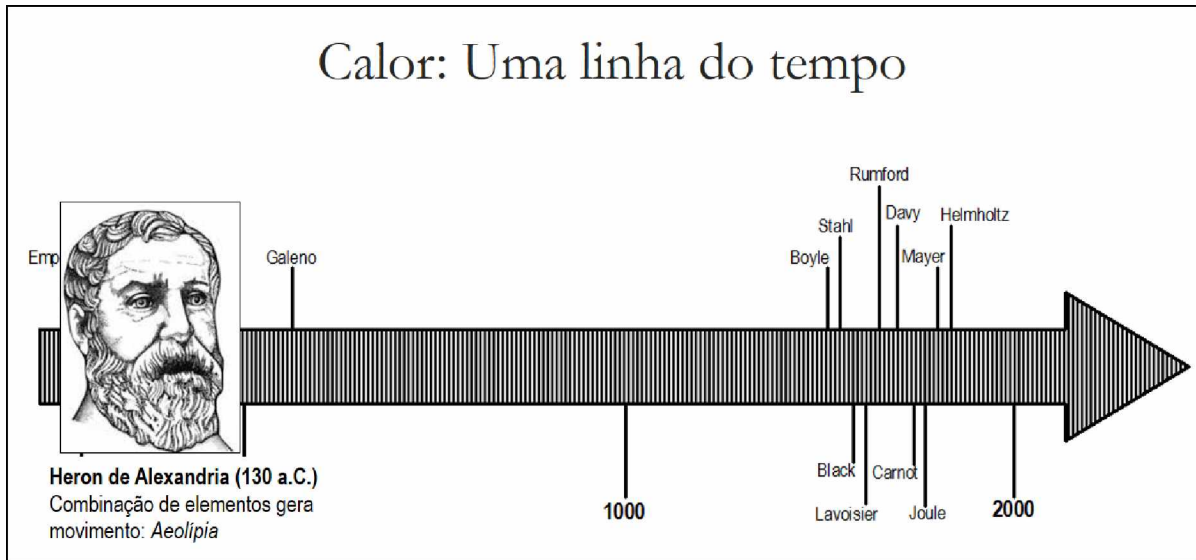


Figura 14 – Linha do tempo com aspectos históricos do desenvolvimento dos conceitos ligados ao calor.
Fonte: a autora.

Durante a explicação sobre os cientistas, não houve muitos questionamentos por parte dos alunos. Apenas quando foi falado sobre o calórico um aluno se manifestou dizendo que não entendia como as pessoas podiam acreditar naquela teoria que “não tinha nada a ver”. Expliquei que na época a teoria fazia sentido, já que não havia uma outra explicação melhor para aqueles fenômenos e que apesar de hoje a ideia parecer absurda para eles, esse conceito era suficiente para justificar tais fenômenos.

Em seguida, mostrei algumas notícias retiradas da internet que mencionam o termo calor (Figura 15).

Notícias de última hora!

- Corinthians supera o calor no Recife e vence o lanterna Sport
 - (<http://zh.clicrbs.com.br/rs/esportes/noticia/2016/05/corinthians-supera-o-calor-no-recife-e-vence-o-lanterna-sport-5820082.html>)
- Vale do Jamari deve ter calor intenso durante o dia neste sábado, 28 - Temperatura média em toda a região deve ser de 21°C a 34°C.
 - (<http://g1.globo.com/ro/ariquememes-e-vale-do-jamari/noticia/2016/05/vale-do-jamari-deve-ter-calor-intenso-durante-o-dia-neste-sabado-28.html>)
- Sol e calor em Teresina (PI)
 - (<http://www.climatempo.com.br/noticia/2016/05/29/sol-e-calor-em-teresina-pi--3326>)

Figura 15 – Slide utilizado em sala de aula. Fonte: a autora.

Nesse momento, questionei se o conceito de calor havia sido aplicado corretamente nas notícias. A sala ficou dividida entre sim ou não, e o aluno A26 disse que “sim, porque hoje, por exemplo, tá muito calor. Quando tá quente é porque tá calor”. Então perguntei “Então calor e temperatura são sinônimos? Se a temperatura está alta quer dizer que está calor?”. E os alunos responderam que sim.

Para continuar a discussão, apresentei aos alunos o conceito de temperatura e em seguida reforcei o conceito de calor (ambos já haviam sido tratados no material de leitura), destacando a diferença entre os dois conceitos. Após a explanação, questionei novamente: “Se a temperatura está alta quer dizer que está calor?” e os alunos corrigiram sua resposta dizendo que não.

Continuei a discussão explicando que, apesar de usarmos o conceito de calor como sendo algo quente, não é essa a definição do conceito. Para isso, falamos sobre o equilíbrio térmico, para que os alunos pudessem compreender que quando dois ou mais corpos estão à mesma temperatura (supondo um sistema isolado), não acontecem trocas de calor. Ou seja, os corpos têm temperatura, mas não realizam trocar de calor.

Após a breve exposição (cerca de 25 minutos), comecei a aplicação dos TC para finalizar a discussão. O primeiro TC encontra-se no Quadro 12.

Quadro 12 – Teste Conceitual 1.

Fonte: Enem 2010

Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática. Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- a. A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.
- b. Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
- c. A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela
- d. A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
- e. Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

A primeira questão escolhida para TC foi uma questão do Enem, que trata justamente da utilização dos termos calor e temperatura no nosso cotidiano. O objetivo da questão é que

os alunos percebiam que a forma como utilizamos o conceito de calor na fala coloquial é diferente de sua definição científica. Além disso, escolhi uma questão do Enem por ser uma prova que a maioria dos estudantes têm interesse em fazer, ou seja, já se trata de uma preparação para o exame.

Conforme sugerido por Mazur (2005), fiz a leitura da questão com os alunos e pedi que eles pensassem individualmente sobre sua resposta. Após cerca de 2 minutos, pedi que iniciassem a votação. Por ser a primeira aplicação do IpC, muitos alunos começaram a levantar os *flashcards* antes do tempo previsto e eu alertei para que aguardassem todos os colegas pensarem na questão.

Na primeira votação, 5 alunos responderam a letra A, 6 alunos responderam a letra B e 6 alunos responderam a letra E. Como apenas 30% dos alunos acertaram a resposta (letra A), sugeri que discutissem com os colegas e fizessem uma nova votação. Nesse momento alguns alunos disseram que não tinham entendido a pergunta muito bem. Reforcei que a ideia da questão era escolher a alternativa onde os conceitos de calor e temperatura usados no cotidiano não fossem suficientes para justificar os fenômenos descritos nas alternativas. Como os alunos estavam na sala de vídeo, verifiquei que discutiram em grupos de 3 ou 4 pessoas e eu não interfeirei nas discussões, apenas observei as conversas.

Após 2 minutos de discussão fizemos uma nova votação: 16 alunos responderam a letra A e um aluno respondeu a letra E. Portanto, 94% dos alunos responderam a questão corretamente. De acordo com Mazur (2005), deveria ser feita uma breve discussão sobre a questão e passar para a próxima. Entretanto, como se tratava da primeira aplicação, discuti todas as respostas com os alunos para garantir o entendimento da questão.

Quando informei que a resposta correta era letra A, a aluna A8 que havia marcado letra E se pronunciou: “Mas quando a água está fervendo sua temperatura não continua aumentando?”. Expliquei que não, quando uma substância está passando por uma mudança de fase, sua temperatura não muda até que todo o processo termine. Essa intervenção da estudante foi importante para que eu pudesse justificar a questão, discutindo com os alunos que nesse caso a substância recebe calor, mas mesmo assim sua temperatura não aumenta.

Perguntei aos alunos se tinham alguma dúvida e como a resposta foi não, passei para o segundo TC (Quadro 13).

Quadro 13 – Teste Conceitual 2.

Assinale a alternativa que define de forma correta o que é temperatura:

- a. É a energia que se transmite de um corpo a outro em virtude de uma diferença de

- temperatura.
- b. Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, menor será sua temperatura.
 - c. Energia térmica em trânsito.
 - d. É uma forma de calor.
 - e. Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, maior será sua temperatura.

O segundo TC é questão apenas para verificar a definição do conceito de temperatura. Apesar dos alunos já terem respondido uma questão mais complexa antes, a inclusão dessa questão foi uma forma de verificar se os alunos realmente haviam compreendido o conceito ou estavam apenas “chutando” na questão anterior. Nessa questão, todos responderam corretamente. Quando informei que todos haviam acertado eles comemoraram com palmas. A aluna A20 comentou: “Nossa, acertei de primeira, nem acredito”.

Nesse momento, percebi a aceitação dos alunos em relação à aplicação das metodologias IpC e EsM. Alguns alunos que, antes, se mostravam desinteressados pelas aulas, sem participação nas discussões e sem fazer as atividades, começaram a participar.

Para finalizar, a questão colocada como terceiro TC (Quadro 14) foi a mesma da TL4. Quando os alunos responderam essa questão na plataforma Moodle, as alternativas apareciam aleatoriamente para cada aluno, sendo assim não foi necessário modificar a ordem das alternativas para aplicar novamente. Como menos de 70% dos alunos haviam acertado a questão na tarefa, coloquei-a novamente para verificar como os alunos a responderiam após a breve explicação.

Quadro 14 – Teste Conceitual 3.

- Fonte: AFA-SP**
Assinale a alternativa que define corretamente calor.
- a. Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
 - b. É uma forma de energia contida nos sistemas.
 - c. É uma energia de trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
 - d. É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
 - e. É uma forma de energia em trânsito, do corpo mais frio para o mais quente.

Como a maioria dos alunos já haviam respondido à questão na TL, eles ficaram ansiosos para responder rapidamente. Reforcei que alguns haviam respondido errado na TL, então solicitei que pensassem um pouco mais antes de votar. Após 1 minuto os alunos votaram: 15 alunos responderam a letra C e 2 responderam a letra E. Como a maioria acertou a questão, eu anunciei a resposta correta e discuti com eles o porquê da letra E estar incorreta.

Disse para que eles tivessem cuidado ao ler a questão, pois o começo da resposta E está correta (é uma forma de energia em trânsito), mas o que a falsifica é a parte onde diz “do corpo mais frio para o mais quente”, pois calor flui sempre do corpo mais quente para o mais frio.

Para finalizar, perguntei aos alunos o que eles tinham achado da aula e, os que responderam, disseram ter gostado. A aluna A14 perguntou se naquele dia já teria mais tarefa na Moodle e eu informei que não, pois as tarefas seriam postadas apenas na sexta-feira.

3.3. Terceira Aula

3.3.1. Tarefas de Leitura

A terceira aula tratou do funcionamento das lâmpadas incandescentes. Como o cômodo do experimento remoto é aquecido por uma lâmpada desse tipo, é importante que os estudantes saibam como ele funciona e o porquê de utilizarmos esse tipo de lâmpada e não outra, como a fluorescente, por exemplo.

Como material de leitura, os alunos assistiram um vídeo¹³ do trecho de um episódio do programa *O mundo de Beakman*, explicando sobre o funcionamento das lâmpadas incandescentes. O vídeo foi editado e sua duração é de 2 minutos e 14 segundos. Os episódios desse programa eram voltados para o público infanto-juvenil, explicando os fenômenos da natureza de uma forma simples, com exemplos do cotidiano. O vídeo utiliza os conceitos de resistência, tensão e corrente elétrica para explicar o funcionamento, portanto a aula deve abordar esses conceitos também.

Como o vídeo é curto, foram programadas apenas duas TL para esse material, denominadas TL5 (Quadro 15) e TL6 (Quadro 16). 17 alunos responderam às perguntas na Moodle. Abaixo, estão descritas as perguntas e as respostas de alguns estudantes.

Quadro 15 – Tarefa de Leitura 5.

De acordo com o vídeo, descreva o que você entendeu a respeito do funcionamento das lâmpadas incandescentes.

A1: *Eu entendi que o funcionamento é o mesmo dos resistores, onde há uma resistência à passagem da corrente.*

A2: *Os elétrons chocam entre si tentando passar pelo filamento da lâmpada, que por ser muito fino, resiste ao grande fluxo de elétrons e isso faz com que se aqueça e brilhe.*

¹³ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=DLg5lqC1qPA&feature=youtu.be>.

A12: *Os elétrons passam por um lugar estreito, se espremendo, ao se encostarem para tentar ir para frente, ao ligarmos a luz a energia passa pelos fios levando energia até o filamento que, por sua vez, esquentando ao ponto de brilhar e criar a luz.*

Dos 17 alunos que responderam a TL5, 7 utilizaram o termo fluxo de elétrons para explicar a passagem de corrente. Apenas um aluno escreveu que a “a energia flui” e outro que “a eletricidade passa”. Entendemos que o termo fluxo de elétrons foi utilizado com mais frequência por ser o termo que o ator utiliza no vídeo. Entretanto, os outros alunos interpretaram e escreveram suas respostas de acordo com seu conhecimento de vivência, usando palavras que usamos no cotidiano.

Quadro 16 – Tarefa de Leitura 6.

Quais os tipos de energia que você conhece? (Cite todos que você lembrar)

O objetivo dessa pergunta era que os alunos pudessem descrever os tipos de energia que conhecem, porque a partir desse momento os termos energia térmica, energia luminosa e energia elétrica seriam discutidos com frequência. De acordo com o Quadro 17, o tipo de energia mais citado pelos alunos foi a energia solar (15 citações), seguida pela energia elétrica (10 citações).

Quadro 17 – Tipos de energia citados pelos alunos e a frequência de repetição nas respostas.

Tipos de energia	Quantidade de vezes citadas nas respostas
Solar	15
Elétrica	10
Térmica	7
Eólica	9
Nuclear	9
Hidrelétrica	6
Termelétrica	2
Cinética	2
Mecânica	2
Biogás	1
Marés	1
Eletromagnética	1
Química	1

Podemos verificar que alguns alunos se confundiram e colocaram em suas respostas a hidrelétrica, termelétrica, biogás e marés, que são, na verdade, usinas de produção da energia elétrica. Esse é um ponto importante para ser trabalhado em sala de aula, já que esses alunos

não souberam diferenciar tipos de energia com os tipos de usinas de produção de energia elétrica.

3.3.2. Exposição em Sala de Aula

Na terceira aula, não foi possível levar os alunos para a sala de vídeo, porque outro professor já a estava utilizando, então os alunos permaneceram na sala de aula. Como havia programado a utilização de *slides* para a exposição oral, fui até a diretoria para pegar o projetor emprestado, mas infelizmente o mesmo estava estragado. Então tive que adaptar a aula para que os alunos não ficassem prejudicados e fui explicar na lousa, fazendo com que nesse dia a aula começasse com 10 minutos de atraso. Havia 21 alunos presentes e, da mesma forma que ocorreu na segunda aula, no início da aula os alunos receberam os *flashcards* para as votações.

Para essa aula, os conceitos trabalhados foram tensão elétrica, corrente elétrica, resistência elétrica e o funcionamento das lâmpadas incandescentes.

Para começar a discussão sobre os conceitos, mostrei aos alunos um circuito simples de lâmpadas de LED. O aparato estava ligado e as luzes acesas.

Mostrei aos alunos que quando eu desligava o interruptor as luzes se apagavam e perguntei porque isso acontecia. A aluna A20 respondeu “porque parou de passar energia”. Perguntei que tipo de energia era essa e a mesma aluna disse que era a eletricidade. A aluna A2 complementou dizendo que eram “os elétrons, como no vídeo que a gente viu”. Concordei com as respostas das alunas e disse que voltaríamos nesse tópico em seguida.

Nesse momento questionei sobre o vídeo que eles tinham assistido, sobre o que fazia a lâmpada acender. O aluno A26 disse que “os elétrons iam batendo uns nos outros até chegar na lâmpada e isso faz ela acender”. Então questionei como esses elétrons se movimentavam. Nenhum dos alunos soube responder.

Então voltei ao circuito que tinha levado e perguntei o que significava o símbolo de + e – na pilha. O aluno A26 disse que “um é o positivo e o outro é o negativo”. Eu disse que sim, mas perguntei o que significava isso e ele não soube responder. Fiz uma breve explicação sobre tensão elétrica, explicando o porquê dos polos positivo e negativo.

Em seguida, voltei à explicação sobre corrente elétrica, falando também sobre a composição atômica dos materiais e circuitos abertos e fechados. Nesse momento falei que a corrente circula pelo circuito, que ela não é consumida por ele e o aluno A17 questionou “então porque a pilha acaba?”. Perguntei se alguém sabia responder o colega e ninguém soube

responder, inclusive o aluno A12 perguntou “é, se a corrente não é consumida porque temos que ficar carregando o celular? Não é porque a corrente acaba?”.

Aproveitando o questionamento e o interesse dos alunos, voltei à TL7, sobre os tipos de energia e expliquei para eles que a corrente não é consumida, mas sim que nesses casos está acontecendo uma transformação de energia. Nos dois casos (pilha e bateria do celular) há uma transformação de energia química em elétrica, que faz com que a corrente elétrica circule pelo circuito. No caso da bateria do celular a transformação é reversível, ou seja, quando o celular está conectado à tomada ocorre a transformação de energia elétrica em energia química, armazenada pela bateria do celular e quando estamos utilizando o celular a bateria transforma a energia química armazenada em energia elétrica para o circuito funcionar.

Os alunos se mostraram bastante interessados na discussão, pois se trata de um assunto de interesse deles. Dessa forma, aproveitei para perguntar quais os tipos de energia que eles conseguiam identificar na sala. A maioria repetiu energia química e elétrica e a aluna A2 perguntou se também podia falar que tinha energia luminosa. Eu respondi afirmativamente, já que a sala estava sendo iluminada tanto pelas lâmpadas quanto pelo Sol.

Voltando aos circuitos elétricos, perguntei o que era resistência elétrica. A aluna A14 disse que “é uma coisa que atrapalha os elétrons” e a aluna A20 reforçou: “é igual falou lá no vídeo, as bolinhas (elétrons) começam a passar por um lugar muito apertado e aí fica difícil passar”.

Como as alunas estavam falando sobre o vídeo que haviam assistido, comecei a falar sobre o funcionamento das lâmpadas incandescentes, perguntando como elas funcionam. A aluna A20 disse que “os elétrons se batem uns nos outros quando passam pelo filamento, produzindo energia”. Questionei que tipo de energia é essa e ela respondeu que era a energia elétrica. Perguntei se ela tinha certeza e ela corrigiu: “ah não, fessora (sic), a energia dos elétrons que é a elétrica, a da lâmpada é luminosa”.

Nesse momento questionei se a lâmpada incandescente produzia apenas energia luminosa e a maioria afirmou que sim. Então perguntei se algum deles já havia tocado em uma lâmpada desse tipo após ela ficar ligada por um certo tempo e o aluno A26 respondeu: “nossa, já, fica super quente”. Partindo dessa resposta, perguntei qual era diferença da lâmpada incandescente e da lâmpada fluorescente (utilizada na sala de aula). O aluno A26 disse que “a fluorescente não esquenta”.

A sala começou a ficar muito agitada por conta da discussão, alguns alunos queriam relatar fatos e histórias relacionados às lâmpadas e foi difícil retomar o assunto. Pedi que se acalmassem para voltarmos à explanação e que teríamos tempo para ouvir cada um dos

relatos depois que eu terminasse de explicar os conceitos. Mas, nesse momento fomos interrompidos pela diretora da escola, para que ela pudesse dar um recado à turma. Como já havíamos perdido algum tempo no começo da aula, o horário de aula terminou e não consegui finalizar a discussão.

Entretanto, considero que essa aula foi bastante produtiva porque os alunos expuseram sua opinião e participaram bastante da discussão. Alguns até reclamaram que não tivemos tempo de fazer as votações, mas informei que na próxima aula iríamos trabalhar as questões.

3.4. Quarta Aula

3.4.1. Exposição em Sala de Aula

A quarta aula aconteceu na sala de aula também, mas dessa vez levei o projetor para que os alunos pudessem acompanhar os slides. Havia novamente 21 alunos presentes.

Continuamos a discussão sobre circuitos elétricos, dessa vez focando na relação entre resistência elétrica (R), corrente elétrica (i) e tensão elétrica (U), resumida pela 1ª Lei de Ohm (Equação 1).

$$R = \frac{U}{i} \quad \text{(Equação 1)}$$

Comecei a aula perguntando o que acontece quando ligamos um aparelho de 110V em uma tomada 220V. Ouvi um sonoro “queima”. Depois perguntei se fizessemos o contrário: ligar um aparelho 220V em uma tomada 110V. As opiniões ficaram divididas, alguns disseram que ia queimar também, outros disseram que ia funcionar mais devagar e a aluna A2 disse que “não vai funcionar, porque não tem energia suficiente”.

Como já havíamos discutido os conceitos na aula anterior, apenas explicitiei a relação entre eles, principalmente a informação de que, para uma mesma tensão, a resistência e a corrente são grandezas inversamente proporcionais. O intuito dessa aula não era de trabalhar valores, dados matemáticos, mas sim compreender fisicamente a relação entre as grandezas, informação necessária para ser utilizada posteriormente no experimento remoto.

O aluno A19 perguntou “porque a gente toma choque? No 220V dói mais?”. Aproveitei a pergunta para discutir sobre os efeitos da corrente elétrica, exemplificando os efeitos biológicos (choques), o efeito térmico (efeito Joule) e o efeito luminoso.

Para exemplificar o efeito Joule, além de falar da lâmpada incandescente (já trabalhada na aula anterior), discutimos também sobre o funcionamento do chuveiro elétrico. Nesse dia a

sala estava bastante agitada, cada pergunta que eu fazia vários alunos respondiam ao mesmo tempo e ficava difícil dar atenção a todos.

Utilizando o chuveiro elétrico como tema, questionei aos alunos qual característica do circuito é alterada quando mudamos a chave de seleção (frio, morno e quente). Alguns responderam que era a resistência e outros disseram que era a corrente. Continuei a discussão informando que ambos estavam corretos e questionei qual grandeza permanecia constante. Apenas um aluno respondeu que era a tensão. Com isso, discutimos que quanto maior a corrente elétrica, menor a resistência elétrica (já que a tensão é constante) e nessa situação temos a posição inverno, em que a água esquenta mais.

Alguns alunos disseram estar confusos, porque achavam que a resistência era responsável pelo aquecimento, ou seja, quanto maior a resistência deveria ter maior aquecimento. Nesse momento reforcei que a responsável pelo aquecimento do material é a corrente elétrica, ou seja, quanto maior a corrente, maior o aquecimento.

Como o tempo de aula já estava acabando, começamos a discutir os TC. O TC4 está apresentado no Quadro 18).

Quadro 18 – Teste Conceitual 4.

A respeito do chuveiro elétrico, marque a alternativa correta:

- a. O chuveiro elétrico converte energia elétrica em energia térmica, processo conhecido como Efeito Joule.
- b. A posição inverno do chuveiro elétrico corresponde à situação em que a resistência elétrica atinge seu valor máximo.
- c. O chuveiro elétrico converte energia térmica em energia elétrica, processo conhecido como Efeito Joule.
- d. A posição verão do chuveiro elétrico corresponde à situação em que a resistência elétrica atinge seu valor mínimo.
- e. Para um chuveiro elétrico conectado a uma tensão de 220V, quanto maior for a resistência elétrica, maior a corrente elétrica que o percorre.

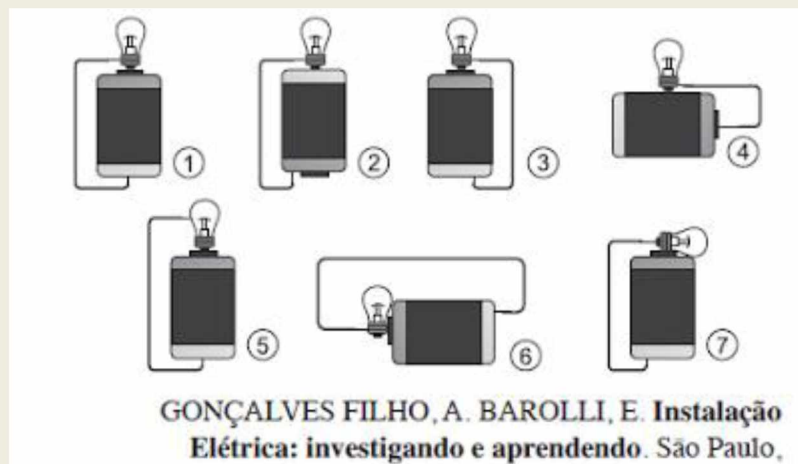
Os alunos votaram rapidamente e 17 optaram pela letra A, 3 pela letra B e 1 pela letra E. Mesmo que a maioria tenha marcado a resposta correta (aproximadamente 81% dos alunos), fiz questão de discutir todas as alternativas, para que não ficassem dúvidas em relação às grandezas físicas em questão. Em seguida, fiz a leitura do TC5 (Quadro 19) com a turma.

Quadro 19 – Teste Conceitual 5.

Fonte: Enem

Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do

equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:



Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

- (1), (3), (6)
- (3), (4), (5)
- (1), (3), (5)
- (1), (3), (7)
- (1), (2), (5)

A princípio muitos alunos disseram que não sabiam a resposta e queriam discutir com os colegas. Alertei que a primeira votação era individual e, se a maioria errasse, eles poderiam discutir entre si e faríamos uma nova votação. Fiz a leitura da questão com os estudantes e solicitei que pensassem a respeito. Na primeira votação, 8 alunos responderam como letra A, 2 como letra B, 3 como letra C, 5 como letra D e 3 como letra E.

Como todas as alternativas foram votadas, perguntei se os alunos haviam entendido a pergunta e a maioria disse que não. Portanto, antes da segunda votação, fiz a leitura da questão novamente e lembrei os alunos que, para um circuito elétrico funcionar, deve ter um ponto de entrada e um ponto de saída, ou seja, deve ser um circuito fechado. Pedi que eles pensassem nisso e discutissem com os colegas. A discussão durou cerca de 5 minutos, mais do que o previsto, mas deixei que eles pensassem e expressassem suas ideias, já que percebi que muitos estavam com dificuldade.

Durante as conversas, 2 alunas se posicionaram frente às discussões, defendendo a resposta que elas consideravam corretas e tentando convencer seus colegas, ou seja, pude perceber a aplicação efetiva da IpC nesse momento.

Na segunda votação houve uma mudança significativa, pois apenas as alternativas A e D foram votadas. 11 alunos escolheram a letra A e 10 escolheram a letra D. Mesmo que a maioria tenha votado na resposta incorreta (a correta é a letra D), muitos alunos mudaram de

opinião a partir da discussão com os colegas. Perguntei aos alunos como deveria ser a ligação para que a lâmpada acendesse e a aluna A2 respondeu que “deve ter um ponto de entrada e outro de saída”, como eu já havia informado anteriormente. Continuei a discussão questionando quais deveriam ser esses pontos. Muitos alunos tentaram falar ao mesmo tempo e eu pedi que levantassem a mão e eu escolheria apenas um deles para falar.

O aluno A12 disse que “tem que ligar o fio na pilha e na lâmpada. Aí um pedaço do fio vai na parte de baixo da pilha e a outra ponta coloca na lâmpada e a lâmpada encosta na parte de cima da pilha também. Ai fessora (sic), não sei se deu pra entender o que eu falei”. Informei que eu havia entendido o que ele falou e perguntei à turma se eles haviam entendido. A maioria riu e disse que não. Então expliquei com outras palavras como deveria ser feita a ligação e justifiquei que a resposta não poderia ser a letra A porque na ligação número 6 a lâmpada possui os mesmos pontos de entrada e saída, que chamamos de curto-circuito.

Depois da discussão, o aluno A19, que havia votado na alternativa C na primeira votação, ainda reforçou: “nossa, fessora (sic), nem acredito que eu votei na C antes. Olha aí que burrice, o fio tá ligado no vidro da lâmpada, nada a ver”. Alguns alunos riram e concordaram com ele, afirmando que a ligação número 5 não poderia fazer a lâmpada acender de forma alguma.

Como a discussão do TC5 demorou mais que o previsto, o TC6 não pode ser aplicado. Mesmo assim, consideramos que a aula foi muito produtiva, pois os alunos participaram bastante das discussões.

3.5. Quinta Aula

3.5.1. Tarefas de Leitura

A quinta aula abrangeu os conceitos de sistemas físicos e efeito estufa. O objetivo foi que os alunos compreendessem os conceitos de sistemas, vizinhanças e fronteiras. Para ilustrar um sistema termodinâmico¹⁴, usamos o efeito estufa como tema, já que o cômodo do experimento remoto tem um funcionamento semelhante.

Como material de leitura, os alunos assistiram um vídeo educacional¹⁵ sobre o efeito estufa e fizeram a leitura de um texto curto¹⁶, explicando os tipos de sistemas e fronteiras.

¹⁴ Usaremos apenas a palavra sistema para definir sistema termodinâmico nesse trabalho.

¹⁵ Disponível em

http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/02_o_efeito_estufa/02_o_efeito_estufa.shtml.

¹⁶ Disponível em <http://www.fq.pt/energia/189-sistema>

Para essa aula foram elaboradas 4 TL (Quadros 20 a 23), pois se trata de um conceito muito importante para o estudo termodinâmico. 15 alunos responderam às TL.

Quadro 20 – Tarefa de Leitura 7.

Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material.

Dos 15 alunos, 7 relataram ter dificuldade no entendimento do material. Um deles relatou não ter entendido sobre o efeito estufa e os outros 6 apontaram não compreender o que são os sistemas e como diferenciá-los. Sendo assim, a aula expositiva foi preparada para sanar essas dúvidas.

Quadro 21 – Tarefa de Leitura 8.

O efeito estufa:

- a. é o único causador das alterações ambientais.
- b. aquece a Terra durante o dia e a esfria durante a noite.
- c. é necessário para manter a temperatura do planeta.
- d. não é necessário para manter a temperatura do planeta.

Na TL8 (Quadro 21), dois alunos marcaram a alternativa A e o restante (treze alunos) assinalaram a alternativa C, que é a resposta correta. Apesar da aluna A16 ter informado na TL7 que não havia entendido o que é o efeito estufa, ela marcou a alternativa correta na TL8.

O efeito estufa é um conceito trabalhado em outras disciplinas também, como biologia e geografia. Entretanto, a maioria dos alunos acredita que é o efeito estufa é o responsável pelo aquecimento global, por isso é necessário que eles tenham uma visão real do que é o fenômeno e de como ele é importante para a manutenção da vida terrestre.

Quadro 22 – Tarefa de Leitura 9.

Podemos afirmar que em um sistema aberto:

- a. A fronteira deste sistema permite que haja troca de matéria e de energia entre o sistema e a vizinhança.
- b. São permitidas trocas de energia com a vizinhança. Não existe troca de matéria com o exterior.
- c. A fronteira deste sistema não permite troca nem de matéria nem de energia com a vizinhança.
- d. São permitidas trocas de energia com a vizinhança e troca de matéria com o exterior.

A TL9 (Quadro 22) foi elaborada com as definições de sistemas descritas no próprio texto de leitura. Apesar disso, 11 alunos marcaram a letra A, 1 aluno optou pela letra B, 2 pela

letra C e 1 pela letra D. A letra A (resposta correta) é a definição dada pelo texto como sistema aberto, portanto o objetivo da questão era de lembrar o conceito. Esse resultado reforça a resposta dos alunos à TL7, que relataram ter dificuldade nessas definições.

Quadro 23 – Tarefa de Leitura 10.

Uma caixa térmica (caixa de isopor, por exemplo), é um exemplo de fronteira:

- a. permeável.
- b. adiabática.
- c. diatérmica.
- d. nenhuma das anteriores.

As respostas da TL10 (Quadro 23) foram divididas, 3 alunos responderam a letra A, 7 optaram por a letra B, 2 a letra C e 3 a letra D. Verifica-se que os alunos tiveram muita dificuldade em relacionar os tipos de fronteiras com um exemplo real. Como a caixa térmica não é um isolante térmico ideal, pois permite troca de calor com o ambiente (ainda que em pequena proporção), pode ser classificada como uma fronteira diatérmica (letra C).

A utilização das TL foi de extrema importância para a elaboração da aula, pois foi perceptível a dificuldade dos alunos em compreender os conceitos apresentados. A aula foi elaborada com vários exemplos para os tipos de sistemas e fronteiras, para que os alunos pudessem perceber a diferença entre eles.

3.5.2. Exposição em Sala de Aula

A quinta aula aconteceu na sala de aula, com o uso do projetor. Havia 13 alunos presentes. Muitos alunos estavam envolvidos com a organização de um evento na escola e foram autorizados pela diretora a não participar das aulas nesse dia.

De acordo com as respostas dos alunos às TL, verifiquei a necessidade de explicar o que são sistemas físicos, diferenciando os tipos de sistemas e definindo os conceitos de fronteiras e vizinhança. Apesar da maioria dos alunos ter compreendido as características do efeito estufa, inclui uma explicação sobre o assunto na aula, procurando aprofundar as discussões.

Logo no começo da aula, duas alunas (que estavam participando ativamente de todas as atividades, tanto na Moodle como em sala de aula), me disseram que essa tinha sido a atividade que elas mais tiveram dificuldade. Informei que havia preparado a aula para sanar essas possíveis dificuldades, mas que poderiam me fazer perguntas a qualquer momento da aula.

Comecei a aula falando sobre sistemas físicos, exemplificando o que é sistema físico, fronteira e vizinhança. Para exemplificar, mostrei aos alunos minha garrafa de água (feita de material plástico) e disse que gostaria de analisar quanto tempo a água ia demorar para chegar à temperatura ambiente.

P: Para estudar como a água dentro da garrafa vai aquecer, preciso definir qual o sistema físico que será estudado. Nesse caso, qual o meu sistema físico?

Alunos: A água.

P: Isso. E qual a fronteira desse sistema?

Alunos: A garrafa.

P: Certo. E qual a vizinhança desse sistema?

A2: Uai, tudo. A gente, a senhora, as mesas.

A3: As paredes, o quadro, tudo que tá na sala.

Dando continuidade à discussão, falei dos tipos de sistemas, ainda usando a água como exemplo. Mostrei aos alunos três tipos de sistemas: água em um copo comum, água em uma garrafa de plástico e água em uma garrafa térmica (Figura 16). Questionei qual seria a diferença entre os sistemas e a aluna A2 disse que “quando a água tá no copo ela esquenta mais rápido do que a água na garrafa térmica”. Partimos da afirmação da aluna A2 para conceituar sistemas abertos, fechados e isolados. Ressaltei que, apesar de ter considerado a água na garrafa térmica como um sistema isolado, isso aconteceria se o isolamento fosse perfeito (o que não acontece na realidade), já que mesmo nesse tipo de recipiente a temperatura da água altera com o tempo.



Figura 16 – Slide utilizado em sala de aula sobre tipos de sistemas físicos. Fonte: a autora.

O aluno A26 reforçou: “uai, então a caixa térmica também não é um sistema isolado, porque depois de um tempo o gelo derrete”. Respondi que sim, que na natureza temos sistemas que se aproximam do ideal (isolado), como a garrafa térmica, mas mesmo assim esse tipo de sistema ainda realiza trocas de calor.

Em seguida, começamos a falar sobre o efeito estufa. Antes mesmo de começar a explicação, a aluna A2 pausou a aula para perguntar: “professora, dizem que a poluição faz um buraco na camada de ozônio, então vai passar mais luz e esquentar a Terra. Mas falou lá no vídeo que o raio de luz bate na Terra e volta, aí eu fiquei confusa”. A colocação da estudante foi importante para começar a discussão sobre o efeito estufa, pois muitos acreditam que esse processo é o “vilão” do aquecimento terrestre, então já comecei a explanação explicando que o efeito estufa é um fenômeno natural e essencial à vida humana. A intensificação do efeito estufa, chamada de aquecimento global, que é o grande problema atual.

Continuei a aula explicando como acontece o efeito estufa, aproveitando para discutir o espectro eletromagnético e os raios que conseguem atingir a superfície da Terra. Os alunos já haviam estudado sobre ondas no começo do ano, então já conheciam o espectro eletromagnético e as características das ondas, como frequência e comprimento de onda. Como exemplo, também foi falado da estufa de plantas, discutindo o processo de irradiação (Figura 17).

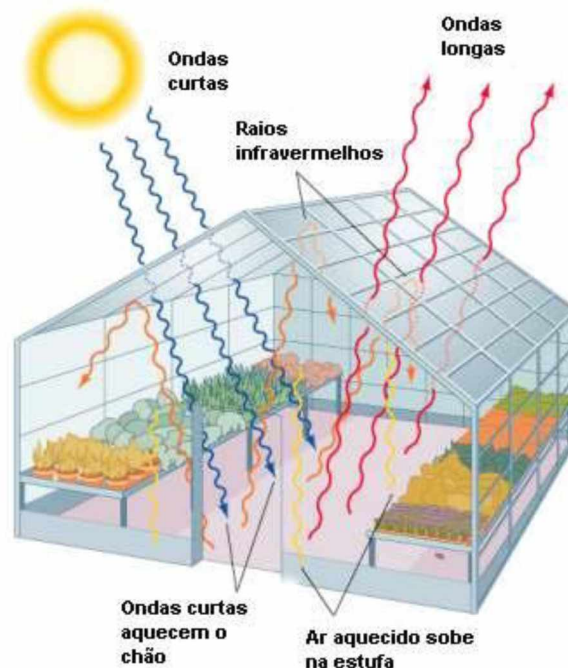


Figura 17 - Exemplo de aplicação da irradiação na estufa de plantas.
 Fonte: http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Berenice/estufa3.jpg

O foco da explanação foi apenas a absorção e a emissão dos raios solares, sem ainda trabalhar o conceito de irradiação. Após a apresentação dos conceitos, começamos a discutir os TC elaborados para essa aula (Quadros 24 e 25). Dos 13 alunos presentes, apenas 9 participaram das votações.

Quadro 24 – Teste Conceitual 6.

Lanches conservados nas estufas (vitrines) de bares e lanchonetes não se queimam, apesar do aquecimento ficar constantemente ligado. Isso ocorre porque:

- a. A estufa funciona como uma geladeira ao inverso, tendo a sua temperatura interna controlada por dispositivos que ligam e desligam o sistema de aquecimento.
- b. A estufa troca calor com o ambiente, o que não permite que a temperatura interna suba indefinidamente.
- c. O tempo em que o alimento fica disposto no interior da estufa é insuficiente para que ele se queime.
- d. A estufa não troca calor com o ambiente, permitindo que sua temperatura interna permaneça constante.

O TC6 (Quadro 24) foi elaborado de forma que os alunos pudessem aplicar os conhecimentos em outros exemplos do cotidiano. Após a leitura da questão, a aluna A2 disse que não havia entendido e pediu mais tempo para ler novamente e eu concordei em fornecer 2 minutos para que eles pudessem pensar e responder a questão, pois esse período de tempo já está previsto na aplicação do IpC. A turma ficou dividida nas respostas, foram 4 votações na letra B, 4 na letra D e 1 na letra C.

Como a quantidade de respostas corretas ficou abaixo de 70% (cerca de 56%), informei que eles poderiam se reunir e discutir a questão com os colegas e posteriormente faríamos outra votação. Como haviam poucos alunos, se reuniram em dois grupos grandes (um com 4 e outro com 5 alunos) para a discussão. Um dos grupos me chamou e a aluna A16 pediu que eu explicasse porquê a letra D estava incorreta. Como eu ainda não havia informado qual era a resposta correta, apenas informei que eles deviam discutir entre si e se alguém do grupo achava que essa resposta estava errada, deveria convencê-la do porquê; caso contrário, ela que deveria convencê-los da resposta que ela considerava correta. Após 3 minutos os alunos informaram que estavam prontos para fazer a nova votação.

Na segunda votação do TC6, o resultado foi unânime, todos votaram na letra B (resposta correta). Informei que os alunos estavam corretos e me dirigi à aluna A16 perguntando qual(is) argumento(s) fez ela mudar sua opinião, já que ela havia votado na letra D anteriormente. A aluna afirmou que “o A26 me lembrou que o vidro troca calor com o

ambiente, tanto que se eu encostar a mão no vidro vai *tá* quente. Não tinha pensado desse jeito.”.

O aluno A17, que havia votado na letra C na primeira votação também se posicionou: “nossa, fessora (sic), depois que eu fui pensar que tem salgado que fica lá o dia inteiro e não queima. Na verdade ele fica é frio, na hora que a gente vai comprar a tia da cantina tem que esquentar.”.

A interação com os colegas nessa votação foi essencial para o entendimento da questão, de forma que eu expliquei brevemente a alternativa correta e os alunos afirmaram ter compreendido a questão.

Quadro 25 – Teste Conceitual 7.

Fonte: Enem

“Discutindo sobre a intensificação do efeito estufa, Francisco Mendonça afirmava: A conservação do calor na Troposfera ocorre a partir da perda de energia da superfície terrestre. Esta, ao se resfriar, emite para a atmosfera radiações de ondas longas equivalentes à faixa do infravermelho, caracterizadas como calor sensível, que são retidas pelos gases de efeito estufa. O dióxido de carbono (CO₂) é o principal gás responsável em reter o calor na baixa atmosfera, mas o vapor d’água, o metano, a amônia, o óxido nitroso, o ozônio, e o clorofluorcarbono (conhecido como CFC, que destrói a camada de ozônio na Tropopausa/Estratosfera) também são gases causadores do efeito estufa. Além desses gases, a nebulosidade e o material particulado em suspensão no ar são importantes contribuintes no processo de aquecimento da Troposfera, uma vez que também atuam como barreira à livre passagem das radiações infravermelhas emitidas pela superfície”.

(Climatologia, Ed. Oficina de Textos.)

A partir da leitura do texto, conclui-se que

- a. as ondas que causam o efeito estufa se constituem principalmente de curta frequência, como os raios X.
- b. apenas o gás carbônico é capaz de reter calor suficiente para gerar o efeito estufa.
- c. o efeito estufa envolve apenas as camadas externas que compõem a atmosfera.
- d. gases lançados na atmosfera por atividades humanas, como indústrias, podem interferir no recrudescimento do efeito estufa.
- e. o vapor de água permite a livre passagem dos raios infravermelhos, o que causa sua livre reflexão para o espaço exterior.

Ao projetar o TC7 (Quadro 25) a primeira reação dos alunos foi reclamar do “tamanho” da questão, por ser muito longa. Reforcei que trabalhar questões do Enem é importante para que eles se familiarizem com o formato desse exame, já que muitos iriam fazê-lo. Fiz a leitura pausadamente, reforçando alguns termos do texto, como intensificação do efeito estufa e emissão de radiação, alertando que são informações importantes. Alguns alunos disseram não ter entendido a questão, então solicitei que lessem sozinhos a questão e

anotassem as palavras que eles consideravam importantes, alertando que essa leitura seria suficiente para responder a questão.

A leitura e análise da questão demorou cerca de 3 minutos e fizemos a votação. 6 alunos votaram na alternativa B e 3 votaram na letra D. Apesar da maioria ter votado na opção incorreta (a correta é a letra D), pedi que os alunos lessem novamente a questão com bastante atenção, porque, provavelmente, eles tinham se confundido na leitura do texto. Isso porque no texto afirma que “O dióxido de carbono (CO₂) é o principal gás responsável em reter o calor na baixa atmosfera [...]” e na alternativa B está escrito que “apenas o gás carbônico é capaz de reter calor suficiente para gerar o efeito estufa.”. Em uma leitura desatenta, os alunos podem ter optado por essa alternativa pelo fato de algumas palavras se repetirem, então solicitei mais atenção na segunda votação. Também informei que os alunos poderiam fazer uma abordagem diferente na questão, eliminando as respostas que não respondem à pergunta, até que limitem sua análise a duas alternativas, o que facilita a escolha de uma resposta.

Os alunos novamente se agruparam e começaram a discutir a questão. Para que os alunos tivessem mais tempo para reler a questão, a segunda votação ocorreu cerca de 5 minutos depois e, assim como ocorreu na segunda votação do TC7, todos os alunos votaram na opção correta (letra D).

Apesar de todos votarem na opção correta, a aluna A2 disse que votou nessa opção por eliminação (como fora sugerido), mas que estava em dúvida porque não sabia o significado da palavra recrudescimento. Alguns alunos concordaram com a colocação da aluna e aproveitei a oportunidade para conversar com eles sobre a importância de ler textos, livros e outros materiais que possam auxiliá-los a conhecer novas palavras. Expliquei a palavra recrudescimento poderia ser substituída naquela frase por intensificação e pedi que lessem a questão fazendo essa substituição. A aluna A16 comentou “ah, agora sim faz sentido”.

Como as votações e as discussões das questões foram mais demoradas do que o esperado, não foi possível aplicar outro teste conceitual. Entretanto, as questões que puderam ser abordadas foram analisadas de uma forma abrangente e os alunos participantes tiveram a oportunidade de fazer as discussões em grupo, que tiveram resultados além do esperado.

3.6. Sexta Aula

3.6.1. Tarefas de Leitura

A sexta aula abordou os conceitos de capacidade térmica e quantidade de calor, apresentando também algumas equações da calorimetria. Como material de leitura, os alunos assistiram um vídeo¹⁷ do Canal Pura Física no *youtube* e fizeram a leitura do texto¹⁸ Capacidade Térmica. O texto trata sobre quantidade de calor e capacidade térmica e suas representações, enquanto o vídeo demonstra, a partir de um cálculo simples, o que é capacidade térmica e qual sua importância no estudo da calorimetria.

Foram elaboradas três TL para essa aula (Quadros 26 a 28) e 15 alunos fizeram as atividades. Em seguida estão descritas as TL e as respostas de alguns alunos.

Quadro 26 – Tarefa de Leitura 11.

Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material. Indique também os pontos que mais chamaram sua atenção.

As respostas de alguns alunos à TL11 são transcritas a seguir.

A2: *Não compreendi a relação entre caloria e joule.*

A14: *Mas aí no final da conta lá que o homem fez no vídeo, aquele é o resultado final ou tem mais conta?*

A15: *de verdade, tive bastante dificuldade, precisarei de mais aulas pra poder entender melhor.*

A16: *Os pontos que mais chamaram a atenção foi que dois corpos podem ser compostos pela mesma substância mas as massas diferentes vão ter a capacidade térmica diferente.*

Dos 15 alunos que responderam as TL, 5 afirmaram ter tido dificuldade na compreensão. Entretanto, dois deles não especificaram quais as dificuldades encontradas, o que impede que a aula seja alinhada para sanar as dúvidas. A maioria dos alunos que informou ter entendido a matéria, atribuiu ao vídeo o mérito, elogiando a forma simples como o assunto foi tratado no mesmo.

A aluna A2 foi pontual na sua dúvida, enquanto a aluna A15 não expressou qual conceito não conseguiu assimilar. Já a aluna A16 escreveu uma frase explicando o que ela

¹⁷ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=qHJ9hZ2D0pk>.

¹⁸ Adaptado de http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/capacidade_termica.htm.

entendeu e podemos perceber que sua afirmação está correta. A aluna A14 não deixou claro se teve alguma dúvida no conteúdo, apenas ficou confusa se o cálculo demonstrado no vídeo tinha continuidade ou aquela era a resposta final.

Quadro 27 – Tarefa de Leitura 12.

A maior facilidade de um alimento em se resfriar está relacionada à:

- a. sua maior capacidade de trocar calor com a vizinhança.
- b. sua menor capacidade de trocar calor com a vizinhança.
- c. diferença entre a sua temperatura e a temperatura da vizinhança.

Na TL12 (Quadro 27), 5 alunos optaram pela letra A, 3 pela letra B e 7 pela letra C. Verifica-se que, apesar da maioria dos alunos ter afirmado ter compreendido o conceito de capacidade térmica, não souberam aplicar a teoria em um exemplo do cotidiano, já que a maioria errou a resposta (a resposta correta é a letra A). A resposta da letra C está associado ao conceito de calor, mas não expressa uma aplicação do conceito de capacidade térmica.

Quadro 28 – Tarefa de Leitura 13.

Ao cozinhar, devemos levar em consideração alguns fatores, como o tipo de alimento a ser cozido, a panela a ser utilizada, se devemos utilizar fogo baixo ou alto... Suponha que você vá participar do programa Master Chef e precise cozinhar um macarrão em apenas 3 minutos. Dentre as opções abaixo, escolha as mais adequadas para essa situação e JUSTIFIQUE suas escolhas, escrevendo um parágrafo sobre o processo.

1. muita água
2. pouca água (suficiente para cobrir o macarrão)
3. fogo baixo
4. fogo alto
5. panela de ferro (mais grossa)
6. panela de aço inox (mais fina)

O objetivo da TL13 (Quadro 28) é novamente aplicar o conceito de capacidade térmica em uma situação do cotidiano. A questão foi elaborada de forma que os alunos pudessem compreender como as características de um material interferem no seu aquecimento.

Durante a realização dessas atividades na Moodle, três alunos me enviaram mensagem via *WhatsApp* solicitando que pudessem responder a TL13 novamente, já que o sistema não aceitava a edição de respostas após o envio. O acesso foi liberado para que os alunos tivessem mais 2 tentativas e toda a turma foi informada.

Algumas respostas dos alunos estão transcritas abaixo:

A3: *Panela de aço inox possibilitando assim a penetração maior do calor do fogo.*

A4: *Pouca água (suficiente para cobrir o macarrão), fogo alto, panela de aço inox (mais fina), e para fazer o macarrão preciso de água só para cobrir ele e a panela e o fogo alto para cozinhar mas rápido.*

A7: *pouca água (suficiente para cobrir o macarrão); fogo alto; panela de aço inox (mais fina). Porque quando colocamos pouca água (suficiente para cobrir o macarrão) a água esquentava mais rápido do que quando colocamos muita água, o fogo alto produz muito mais calor e esquentava a água mais rápido do que o fogo baixo que produz menos calor e a panela inox (mais fina) esquentava mais rápido e também faz a distribuição de calor e mais leve e fácil para esquentar, já a panela ferro (mais grossa) depende do tamanho ou volume de alumínio e demora para esquentar, mais quando esquentava demora muito para esfriar.*

A18: *panela de aço inox (mais fina) e também tamparia pois o vapor ajuda as coisas a cozinhar mais rápido.*

Entre os participantes, 2 alunos informaram que usariam muita água e outros 2 não especificaram a quantidade de água. Apenas 1 aluno escreveu que usaria fogo baixo e 3 não informaram se usariam fogo alto ou baixo. Todos os alunos responderam que utilizariam panela de aço inox.

A resposta unânime dos alunos em relação ao tipo de panela a ser utilizada não pode ser justificada apenas pela leitura do material, já que muitos deles podem ter associado à sua vivência. Por isso, a abordagem da TL13 em sala de aula é muito importante para que o professor possa questionar quais características eles levaram em consideração para chegar a essa resposta, já que a maioria não explicitou sua resposta na Moodle.

O argumento da aluna A18 a respeito do vapor no cozimento dos alimentos deixa claro que ela utilizou de experiências do cotidiano para responder à questão. Essa vivência é válida, já que o objetivo principal do questionamento é aplicar os conceitos físicos no cotidiano. Entretanto, é preciso alertar que o aluno precisa compreender o porquê do fenômeno, não basta saber o “como” sem entender o “porquê”.

3.6.2. Exposição em Sala de Aula

A sexta aula aconteceu na sala de aula com o uso do projetor. Havia 20 alunos presentes e a turma estava muito agitada nesse dia, devido ao campeonato de futsal que estava acontecendo na escola.

Iniciei a aula questionando o que é calor, e a aluna A20 prontamente respondeu que “é uma energia em trânsito”. Pedi que algum outro aluno complementasse a resposta e a aluna

A16 disse que “causa o aumento da temperatura”. Perguntei então se sempre que há troca de calor o corpo aumenta a sua temperatura e a aluna A16 complementou sua resposta: “ah não, um aumenta e o outro diminui”.

Continuamos a discutir sobre o conceito de calor, já visto anteriormente, mas dessa vez apresentando sua representação, a ser utilizada nas equações. A convenção de sinais (+Q para um corpo que recebe calor e -Q para um corpo que cede calor) também foi apresentada, usando como exemplo a água sendo aquecida (+Q) e sendo resfriada (-Q). Perguntei à turma se o valor de Q (quantidade de calor) poderia ser zero. À princípio nenhum aluno respondeu, então pedi que pensassem um pouquinho e tentassem responder. O aluno A7 então respondeu, em tom de dúvida: “ninguém recebe e ninguém perde?”. Respondi afirmativamente e complementei dizendo que nesse caso não há trocas de calor, ou seja, os corpos analisados estão em equilíbrio térmico.

Em seguida falei das unidades de medida, dúvida apontada pela aluna A2 na TL11 (Quadro 26), apresentando a relação de conversão entre caloria e joule.

Para continuar a explanação, perguntei o que é capacidade térmica e nenhum dos alunos se pronunciou. Perguntei se eles não tinham entendido o conceito no material de leitura e o aluno A12 disse que entendeu, mas não sabia explicar. Então perguntei: “O que demora mais pra esquentar: a água dessa garrafinha (garrafa de 500ml) ou uma panela grande cheia de água?”. Prontamente os alunos responderam que era a água na panela. Questionei o porquê e vários alunos começaram a falar ao mesmo tempo. Pedi que levantassem a mão e eu escolheria um para responder. A aluna A20 disse que a água na panela é mais difícil de aquecer por estar em maior quantidade e o aluno A26 complementou: “é, quanto mais água, mais calor precisa”.

A partir desse exemplo explanei sobre o conceito de capacidade térmica, usando a pergunta acima como exemplo.

Para responder à dúvida da aluna A14 sobre o cálculo da capacidade térmica exposto no vídeo do material de leitura, refiz os cálculos no quadro. A aluna disse que havia entendido, mas como tinha achado o cálculo muito simples, imaginou que aquela não deveria ser a resposta final.

Como as respostas da TL13 foram muito vagas, apresentei a questão em sala de aula e pedi que alguns alunos me explicassem o porquê de suas respostas. Novamente muitos alunos quiseram responder, então pedi que se acalmassem e que fariamos a discussão de outra forma. Li a questão com os alunos, já que alguns deles não haviam respondido as TL e perguntei: “se eu preciso que o alimento cozinhe rápido, que panela devo usar (a de ferro ou a de inox,

levando em consideração que a panela de inox é mais fina)?”. Todos responderam que deveria ser a panela de inox e eu questionei o porquê. O aluno A26 disse que é porque “vai distribuir mais o calor” e eu perguntei se todos concordavam. A aluna A2 disse que “eu acho que é porque ela esquenta mais rápido, já que o material é mais fino”.

Em sequência, perguntei se deveriam usar fogo alto ou baixo no cozimento e todos responderam que deveria ser fogo alto. A aluna A20 justificou que assim a água receberia mais calor, enquanto o aluno A19 disse que o fogo alto faz com que cozinhe mais rápido.

Ao questionar sobre a quantidade de água a ser colocada na panela, os alunos também foram unânimes: deve ser usado menos água. O aluno A19 comentou: “é igual o que a senhora falou da água da garrafinha e da panela, quanto mais água, mais vai demorar. E lá tava (sic) falando que precisa aquecer em 3 minutos, então não pode colocar água demais.”.

Terminada a discussão a respeito da TL13, iniciamos a votação dos TC com o uso dos *flashcards*, que os alunos já haviam recebido no começo da aula. Foram elaborados 3 TC (Quadros 29 a 31) para essa aula.

Quadro 29 – Teste Conceitual 8.

Qual desses alimentos pode ser ingerido imediatamente após ser retirado do fogo, sem riscos de queimaduras:

- a. espiga de milho
- b. pipoca
- c. purê de batata
- d. macarrão
- e. caldo de feijão

Assim que terminamos a leitura os alunos já começaram a votar, então pedi que eles aguardassem algum tempo. Em menos de 1 minuto todos disseram estar prontos e fizemos a votação. Dos 20 alunos presentes na aula, 4 não quiseram participar, então apenas 16 estudantes votaram. Todos os votantes escolheram a letra B, que é a resposta correta.

Alguns alunos comentaram que essa pergunta estava muito fácil, então seguimos para o segundo TC da aula (Quadro 30).

Quadro 30 – Teste Conceitual 9.

A resposta da questão anterior se justifica pelo fato da pipoca:

- a. Não atingir uma temperatura muito elevada.
- b. Possuir baixa capacidade térmica.
- c. Ser mais leve que os outros considerados.
- d. Possuir alta capacidade térmica.

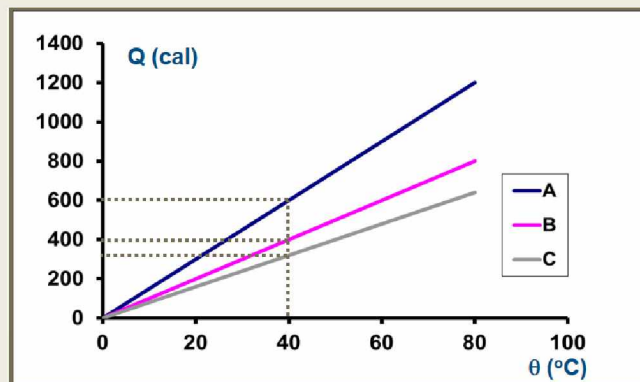
Assim que terminei de ler a pergunta, o aluno A3 comentou: “ah, sabia que você ia perguntar por que, a outra pergunta tava (sic) fácil demais.”. Pedi que pensassem, individualmente, e logo em seguida faríamos a votação.

Na primeira votação todas as alternativas foram votadas, sendo 1 voto para alternativa A, 5 para a B, 5 para a C e 3 para a alternativa D. Como a quantidade de votos na resposta correta (letra B) foi de 31,25%, solicitei que os alunos se agrupassem para discutir a questão e votaríamos novamente.

Cerca de 2 minutos depois, alguns alunos sugeriram que já poderiam votar e como os outros concordaram pedi que levantassem seus *flashcards*. Na segunda votação, 15 alunos optaram pela letra B e 1 aluno votou na letra C. O aluno que manteve sua opção (letra C) não participou das discussões. Foi feita uma breve explanação a respeito da resposta correta e continuamos a aula com o terceiro TC (Quadro 31).

Quadro 31 – Teste Conceitual 10.

O gráfico fornece para três corpos a quantidade de calor cedida em função da temperatura. Sabendo-se que $m_A = m_B = 30\text{g}$ e $m_C = 10\text{g}$, calcule a capacidade térmica de cada um.



- $C_A = 15 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, $C_B = 10 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e $C_C = 8,75 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- $C_A = 150 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, $C_B = 100 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e $C_C = 87,5 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- $C_A = 600 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, $C_B = 400 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e $C_C = 350 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- $C_A = 40 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, $C_B = 40 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e $C_C = 40 \text{ cal/}^\circ\text{C}$
- $C_A = 10 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, $C_B = 8,75 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ e $C_C = 10 \text{ cal/}^\circ\text{C}$

Apesar de ser um problema numérico, a questão foi incluída como TC, de forma a verificar a capacidade dos alunos de realizar o cálculo de capacidade térmica. Mesmo sendo uma questão numérica, a equação não foi fornecida, pois de acordo com Mazur (2005), o objetivo desses testes é verificar a capacidade dos alunos em resolver problemas e não de substituir valores em equações.

Muitos alunos pediram que eu colocasse a fórmula no quadro e eu apenas orientei que eles deveriam se lembrar do conceito para resolver o problema. Alguns apontaram dúvidas na interpretação do gráfico e pediram que para essa questão eles pudessem discutir com os colegas logo na primeira votação. Como faltavam poucos minutos para o fim da aula, permiti que os alunos sentassem em duplas para responder à pergunta.

A votação ocorreu cerca de 5 minutos depois, porque alguns alunos estavam tendo dificuldades em fazer os cálculos de divisão. Todos os 16 alunos votaram na letra A, que é a resposta correta. Mesmo votando na resposta correta, o aluno A7 disse não ter entendido o porquê desse resultado, pois apenas repetiu o que o seu colega fez. Assim, expliquei o resultado correto realizando os cálculos no quadro.

Pude perceber que os alunos estavam se adaptando ao estudo teórico realizado até o momento e ficaram desapontados ao perceber que os cálculos também seriam trabalhados a partir daquele momento. Então conversei com a turma e pedi que refizessem os cálculos em casa, pois o aporte matemático seria necessário para o desenvolvimento das próximas aulas.

3.7. Sétima Aula

3.7.1. Tarefas de Leitura

A sétima aula abordou o conceito de calor específico, novamente com uma abordagem conceitual e problemas numéricos.

Como material de leitura, foi fornecido um texto¹⁹ sobre calor, calor específico e sua relação com a capacidade térmica. Apesar dos conceitos de calor e capacidade térmica terem sido trabalhados anteriormente, o texto traz uma relação entre essas grandezas. No texto os alunos têm acesso a simulações simples, que demonstram o aquecimento de corpos feitos de materiais diferentes e corpos de mesmo material, mas com massas diferentes.

Além do texto, foi fornecido também um vídeo²⁰ do canal Pura Física no *youtube*, que é uma continuação do vídeo utilizado no material de leitura da sexta aula. No vídeo o autor utiliza o mesmo exemplo utilizado no material sobre capacidade térmica, explicando a relação entre as grandezas utilizando as equações. O vídeo complementa o material do texto, com exemplos numéricos.

Foram elaboradas 3 TL (Quadros 32 a 34) para esse material, apresentadas abaixo, juntamente com as respostas de alguns estudantes. 13 alunos responderam às TL dessa aula.

¹⁹ Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/calor.htm>.

²⁰ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=uVfE3odJuzg>.

Quadro 32 – Tarefa de Leitura 14.

Descreva o que você entendeu a respeito do conceito de calor específico.

A2: *Calor específico é uma característica da substância, é a quantidade de calor que uma substância precisa para que 1 g tenha sua temperatura elevada. Quanto maior o calor específico de uma substância, maior será a quantidade de calor necessária para variar sua temperatura e vice-versa.*

A6: *Aprendi que quanto maior for o calor específico de uma substância, maior será a quantidade de calor que deverá ser fornecida ou retirada para que ocorra a variação de temperatura.*

A16: *é a característica da substância, não importa a massa do corpo.*

A21: *Eu entendi mais ou menos o que é calor específico: o forno tem uma quantidade de calor, para que a temperatura se altere ela recebe ou cede. Isso que eu entendi, não consegui abrir o texto.*

A maioria das respostas foi como a da aluna A2, uma definição bem precisa do que é calor específico, bem parecida com a definição apresentada no texto. Alguns alunos explicaram com suas próprias palavras, como os alunos A16 e A21. Dois alunos (A21 e A7) informaram não ter lido o texto, apenas assistiram o vídeo.

Quadro 33 – Tarefa de Leitura 15.

Em um dia bem quente (temperatura em torno de 38° C), nada melhor do que ir ao clube para se refrescar (já que em nossa cidade não temos praia...). Quando colocamos os pés descalços no chão sentimos que este está bem quente; porém, ao entrar na piscina sentimos a água gelada. Explique, usando o conceito de calor específico, por que ocorre essa diferença de temperatura.

Na TL15 (Quadro 33) foi colocada uma situação hipotética, para que os alunos pudessem verificar a aplicação do conceito de calor específico.

A5: *Porque a areia se aquece mais rápido que a água, pois seu calor específico é menor do que da água.*

A6: *Isto ocorre porque o calor específico do chão é bem menor do que da piscina. Então logo a quantidade de energia necessária para aquecer o chão é menor.*

A7: *Porque o chão tem um calor específico cal/g.°C menor que a da água que é um calor específico cal/g.°C maior que o chão esquenta mais rápido pois precisa de menos energia para se aquecer que a da água que precisa de mais energia para se aquecer e*

também ao anoitecer o chão tem mais facilidade para perder energia porque tem menos calor específico cal/g.°C que a da água.

A15: Que é uma grandeza física intensiva, e que define a variação térmica de quantidade de calor.

A21: Pelo o que eu entendi quando você coloca os pés na calçada você tem uma temperatura depois que você entra na piscina a substância da água vai ceder depois que ela cede a temperatura vai se alterar.

Nessa TL, 4 alunos informaram não saber a resposta e 3 alunos colocaram como resposta um texto aleatório, que não respondia a pergunta (como a aluna A15). 3 alunos tiveram dificuldade em responder a questão (como o aluno A21). Verifica-se, portanto, que apesar de muitos alunos terem conceituado corretamente calor específico na TL14, a maioria não soube aplicar o conceito em uma situação do cotidiano.

Essa dificuldade é comum aos estudantes, já que a Física geralmente é trabalhada apenas com substituição de variáveis em equações, sem se preocupar com sua aplicação no dia-a-dia. Dessa forma, a TL15 foi incorporada na aula expositiva para que pudesse ser discutida com os alunos.

Quadro 34 – Tarefa de Leitura 16.

O calor específico do ferro é 0,11 cal/g.°C, enquanto o do alumínio é 0,22 cal/g.°C. Considerando que você tenha disponível panelas de mesma massa, feitas com esses materiais e você deseje preparar rapidamente uma refeição, é preferível utilizar:

- a. Panelas de ferro.
- b. Panelas de alumínio.
- c. Panelas de uma liga de ferro-alumínio.
- d. Nenhuma das opções anteriores.

Na TL16 (Quadro 35), novamente temos uma questão que, apesar de trazer alguns dados numéricos no enunciado, exige um conhecimento conceitual de calor específico. 5 alunos marcaram a alternativa A, 6 optaram pela letra B, 1 marcou a letra C e 1 escolheu a letra D.

O objetivo da questão é que os alunos lembrem que corpos com menor calor específico aquecem mais rapidamente, ou seja, uma panela de ferro aquece mais rapidamente do que uma de alumínio (considerando que as duas possuam a mesma massa). Entretanto, a maioria dos alunos não soube aplicar esse conceito corretamente.

Podemos perceber que os alunos tiveram bastante dificuldade em empregar o conceito de calor específico em situações hipotéticas, o que sugere que a definição em si não foi

compreendida. Assim, a aula expositiva deve trazer exemplos de aplicação que facilitem o entendimento do mesmo.

3.7.2. Exposição em Sala de Aula

A sétima aula aconteceu na sala de aula, com o uso do projetor e havia 14 alunos presentes. Os alunos receberam os *flashcards* para votação e foram informados que essa seria a última aula com esse padrão. A partir da oitava aula não seriam fornecidos materiais de leitura e não teríamos também o uso dos *flashcards*. Alguns alunos reclamaram, disseram estar gostando desse formato de aula e já haviam se adaptado a fazer as leituras prévias. Mesmo sem a utilização dessas metodologias, informei que as próximas aulas ainda seriam com um formato diferente da aula tradicional e que eles teriam a oportunidade de verificar, experimentalmente, os conceitos vistos até o momento.

Antes de iniciar a aula, os alunos que responderam às TL perguntaram se as respostas que eles haviam colocado na Moodle estavam certas, pois muitos tinham apresentado dificuldade em entender as perguntas. Informei que eu havia verificado as dificuldades, por isso a importância da leitura prévia e que a aula seria direcionada para sanar essas dúvidas.

Iniciamos a aula falando sobre o conceito de calor específico e sua relação com a capacidade térmica, usando os exemplos apresentados no vídeo do material de leitura. Além disso, reforcei o significado das unidades de medida, explicando o porquê de cada uma delas. Trabalhamos também a equação do calor sensível ($Q = m \cdot c \cdot \Delta T$), explicando quais grandezas são diretamente e inversamente proporcionais.

Como exemplo de aplicação, discutimos a variação de temperatura nos ambientes desérticos. Falei que, no deserto, a temperatura durante o dia é muito alta e durante a noite é muito baixa e perguntei por que isso acontece. Nenhum dos alunos soube responder. Perguntei se poderia ter alguma relação com a areia e os alunos responderam que sim. Então pedi que pensassem um pouco e me respondessem a pergunta anterior.

O aluno A17 comentou “uai, deve ser igual na praia, de dia a areia tá quente e de noite tá fria”. Aproveitando o exemplo dado pelo aluno, apresentei a pergunta da TL15, explicando porque a água fica gelada durante o dia, enquanto o chão (ou a areia) fica mais quente. Expliquei que a diferença está justamente no calor específico das substâncias: como o calor específico da água é muito alto, ela demora para aquecer, enquanto o calor específico do chão é menor, aquecendo mais rapidamente (considerando que as duas substâncias recebam a mesma quantidade de calor).

Nesse momento, o aluno A17 disse que agora então já sabia a resposta da pergunta sobre o deserto: “então é porque a areia esquentando muito fácil durante o dia, aí de noite ela esfria rápido também”. Respondi afirmativamente e continuamos a aula.

Voltamos também à TL16 e a aluna A2 disse ter confundido a resposta porque na TL13 (da sexta aula), a resposta correta era a panela de inox e quando ela leu panela de ferro já pensou que essa não poderia ser a resposta correta. Lembrei que os alunos devem ler as questões mais atentamente, pois se mudamos uma ou outra variável no exercício a resposta muda completamente. Em seguida, começamos a votação dos TC (Quadros 35 a 37), descritos a seguir.

Quadro 35 – Teste Conceitual 11.

Fonte: VUNESP-SP

Massas iguais de cinco líquidos distintos, cujos calores específicos estão dados na tabela adiante, encontram-se armazenadas, separadamente e à mesma temperatura, dentro de cinco recipientes com boa isolamento e capacidade térmica desprezível.

Líquido	Calor específico (J/g.°C)
Água	4,19
Petróleo	2,09
Glicerina	2,43
Leite	3,93
Mercúrio	0,14

Se cada líquido receber a mesma quantidade de calor, suficiente apenas para aquecê-lo, mas sem alcançar seu ponto de ebulição, aquele que apresentará temperatura mais alta, após o aquecimento, será:

- a água.
- o petróleo.
- a glicerina.
- o leite.
- o mercúrio.

Apesar do TC11 (Quadro 35) apresentar dados numéricos, o objetivo é que os alunos possam perceber a relação entre as grandezas físicas (massa, quantidade de calor, variação de temperatura e calor específico). Como os corpos possuem mesma massa e recebem a mesma quantidade de calor, o corpo com maior calor específico sofrerá uma menor variação de temperatura, por ser mais difícil de aquecê-lo. Fizemos a leitura da questão e informei que os alunos teriam 2 minutos para pensar.

Cerca de 1 minuto depois os alunos disseram que estavam prontos para votar, então iniciamos a votação. 7 alunos votaram na alternativa D e 7 alunos na letra E. Como 50% dos

alunos acertaram a questão (a correta é a alternativa E), pedi que se agrupassem e discutissem a resposta.

Cerca de 2 minutos depois iniciamos a votação. 12 alunos votaram na alternativa E e 2 permaneceram com seu voto na letra D. Pedi que os dois alunos que votaram na alternativa D explicassem a sua escolha e um deles respondeu que “ah, eu acho que ele demora mais a esquentar, então aumenta mais a temperatura”. Antes que eu corrigisse a resposta do aluno, a aluna A20 disse: “então, uai, se demora mais pra esquentar vai ficar com a temperatura menor. O mercúrio tem calor específico baixo, então esquenta mais.”. Informei que a resposta da aluna estava correta e expliquei a questão utilizando a equação do calor sensível para demonstrar a relação entre as grandezas.

Quadro 36 – Teste Conceitual 12.

Fonte: Enem 2009 (cancelado)

Em grandes metrópoles, devido a mudanças na superfície terrestre — asfalto e concreto em excesso, por exemplo — formam-se ilhas de calor. A resposta da atmosfera a esse fenômeno é a precipitação convectiva. Isso explica a violência das chuvas em São Paulo, onde as ilhas de calor chegam a ter 2 a 3 graus centígrados de diferença em relação ao seu entorno.

Revista Terra da Gente. Ano 5, nº 60, Abril 2009 (adaptado).

As características físicas, tanto do material como da estrutura projetada de uma edificação, são a base para compreensão de resposta daquela tecnologia construtiva em termos de conforto ambiental. Nas mesmas condições ambientais (temperatura, umidade e pressão), uma quadra terá melhor conforto térmico se:

- a. pavimentada com material de baixo calor específico, pois quanto menor o calor específico de determinado material, menor será a variação térmica sofrida pelo mesmo ao receber determinada quantidade de calor.
- b. pavimentada com material de baixa capacidade térmica, pois quanto menor a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber determinada quantidade de calor.
- c. pavimentada com material de alta capacidade térmica, pois quanto maior a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber determinada quantidade de calor.
- d. possuir um sistema de vaporização, pois ambientes mais úmidos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).
- e. possuir um sistema de sucção do vapor d'água, pois ambientes mais secos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).

O TC12 (Quadro 36) traz novamente uma questão do Enem, com enunciado e alternativas longas. A questão apresenta uma aplicação dos conceitos de calor específico e

capacidade térmica no cotidiano. Após a leitura com os alunos, a votação foi iniciada após 3 minutos. 1 aluno votou na alternativa A, 6 na letra B, 6 na letra C e 1 na alternativa E. Ao solicitar que fizessem a discussão em grupo, alguns alunos pediram que eu simplesmente explicasse a questão, porque não tinham entendido a pergunta. Solicitei que lessem com mais calma e, novamente, orientei que tentassem eliminar as alternativas que considerassem erradas, assim teriam que analisar entre duas ou três afirmações apenas.

Os alunos se sentaram em duplas e trios e após cerca de 5 minutos realizamos uma nova votação. Todos os alunos votaram na alternativa C, que é a alternativa correta. Pedi que um dos alunos explicasse para a turma porque consideravam essa alternativa como certa e o aluno A26 respondeu: “porque se precisa (sic) que a quadra não esquente muito, tem que ter alto calor específico, que demora mais pra esquentar. Como não tinha essa opção, acho que tem a ver também com a capacidade térmica, deve ser alta também.”. Perguntei aos outros alunos se eles concordavam com a resposta do colega e eles responderam que sim.

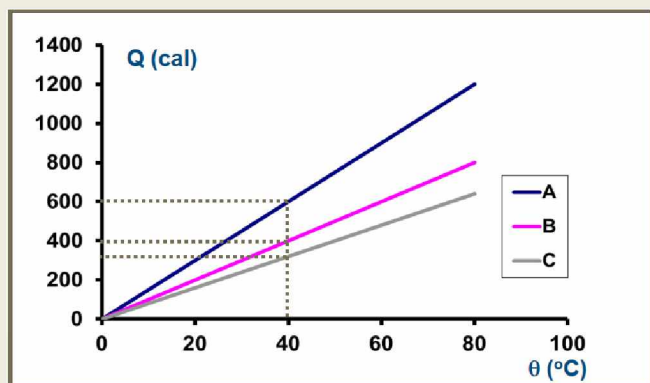
Para finalizar a análise da questão, lembrei que a capacidade térmica de um corpo é proporcional ao calor específico da substância que o compõe. Portanto, a análise do aluno estava correta. A aluna A2 questionou porque o sistema de vaporização sugerido nas alternativas D e E também não seriam eficientes. Pedi que lessem a alternativa novamente e me dissessem o porquê dessas alternativas não responderem à pergunta. A própria aluna que havia feito o questionamento concluiu: “ah tá, fala que a água tem calor específico baixo e não tem. O calor específico da água é alto.”.

Para concluir a aula, fizemos a análise do TC13 (Quadro 37).

Quadro 37 – Teste Conceitual 13.

O gráfico fornece para três corpos a quantidade de calor cedida em função da temperatura. Sabendo-se que $m_A=m_B=30\text{g}$ e $m_C=10\text{g}$, calcule o calor específico de cada um, em $\text{cal/g}\cdot^\circ\text{C}$.

- $c_A = 15$, $c_B = 10$ e $c_C = 8,75$
- $c_A = 1,5$, $c_B = 1,0$ e $c_C = 8,75$
- $c_A = 0,5$, $c_B = 0,1$ e $c_C = 0,875$
- $c_A = 0,5$, $c_B = 0,33$ e $c_C = 0,875$
- $c_A = 5$, $c_B = 3,33$ e $c_C = 8,75$



O TC13 (Quadro 37) foi elaborado utilizando o mesmo gráfico do TC10 (Quadro 31), utilizado na aula anterior para realizar o cálculo da capacidade térmica dos corpos A, B e C. Novamente os alunos solicitaram que eu colocasse a fórmula no quadro, então pedi que eles observassem a unidade de medida do calor específico para concluir como se dá a relação entre as grandezas.

Apesar de, na aula anterior, os alunos terem apresentado dificuldades em realizar os cálculos e terem solicitado fazer-los em grupos, dessa vez eles já fizeram os cálculos sozinhos e, ao invés de fazermos as votações, assim que terminavam iam me chamando para que eu verificasse seus cálculos.

Sendo assim, o TC13 não foi votado, apenas verifiquei se os cálculos de cada um estavam corretos. Isso foi possível porque haviam poucos alunos na sala. Apenas 2 alunos não conseguiram chegar ao resultado. Ao invés de ir ao quadro e realizar o cálculo, pedi que alguns alunos o fizessem. Os alunos A2, A7 e A26 se prontificaram a fazê-lo, então cada um deles fez um dos cálculos no quadro.

A realização dessa atividade foi interessante ao ver como os alunos explicaram os cálculos aos seus colegas. A aluna A2 explicou que, como a unidade de medida do calor específico é $\text{cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$, para encontrar o resultado: “primeiro a gente multiplica a massa pela temperatura, aí vai dar um valor. Depois você pega a quantidade de calor do gráfico e divide pelo valor que a gente achou antes.”. Ao final da explicação, apenas reforcei que o correto é variação de temperatura.

Como a aluna A2 já tinha explicado como realizar o cálculo, os outros alunos apenas o fizeram no quadro, sem fornecer explicações. Os alunos que não haviam respondido a questão disseram ter entendido.

O envolvimento dos alunos nessa aula foi satisfatório, apesar de poucos alunos estarem presentes. A introdução das equações após um longo período de aulas conceituais causou uma certa estranheza nos alunos, mas mesmo assim conseguiram superar suas dificuldades e trabalhar os cálculos.

3.8. Oitava Aula

A partir da oitava aula as metodologias IpC e EsM não foram mais utilizadas. Apesar disso, as aulas seguintes ainda previam a promoção da aprendizagem ativa, com a utilização de atividades investigativas (AZEVEDO, 2004).

Na oitava aula os alunos realizaram uma atividade experimental²¹, utilizando materiais de baixo custo. O experimento elucida os conceitos referentes à propagação de calor (condução e irradiação térmicas) e, também, condutores e isolantes térmicos. O assunto ainda não havia sido tratado em sala de aula, o experimento era uma forma de introduzir o conteúdo, fazendo os alunos pensarem a respeito dos fenômenos vistos.

A ideia do experimento é mostrar a propagação de calor por condução através de dois materiais diferentes: uma colher de metal, que conduz bem o calor, e uma lixa de unha, que conduz mal o calor. Para isso pingamos gotas de vela na colher e na lixa, fixando alguns pregos pequenos nessas gotas. Em seguida, aquecemos uma das extremidades da colher, verificando que as gotas de vela derretem e os pregos caem, devido à propagação de calor pelo material. O mesmo não acontece quando aquecemos uma das extremidades da lixa, pois a madeira não conduz calor tão bem quanto o metal. Nesse caso, as gotas de vela não derretem, a não ser que tenham contato direto com o fogo. Percebemos então o processo de condução (pelo metal) e a irradiação (pela chama da vela).

Antes de realizar a atividade com os alunos, foram feitos alguns testes para verificar quanto tempo seria necessário para fazê-lo. Todos os procedimentos previstos foram realizados em 8 minutos, portanto poderia ser realizado em apenas 1 aula, levando em consideração que a organização da turma e a orientação dos procedimentos somariam cerca de 15 minutos. Durante a realização prévia do experimento, verifiquei que fazê-lo com a colher é mais trabalhoso, devido ao seu formato, então refiz o experimento utilizando uma faca de mesa. Como a faca tem formato retilíneo, os pregos fixam com mais facilidade do que na parte convexa da colher.

Os materiais foram fornecidos pela professora e os alunos só souberam do que se tratava no momento da aula. 24 alunos participaram dessa aula.

Para a realização do experimento foram utilizados os seguintes materiais:

- Pregos pequenos
- Facas (não afiadas) de ferro com cabo plástico
- Caixas de fósforos
- Velas
- Folhas de papel
- Lixas de unha

²¹ Adaptado do roteiro de experimentos da UNESP. Disponível em <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/fte04.htm>.

Os passos para a realização da atividade são:

1. Acender a vela utilizando os palitos de fósforo.
2. Pingar a parafina na faca e fixar um prego na parafina ainda derretida, para que o mesmo possa grudar na faca.
3. Repetir esse procedimento para fixar de 4 a 5 pregos na faca, evitando colocar pregos muito próximos da ponta da faca.
4. Em seguida, fixar a vela na folha de papel e aproximar a ponta da faca (com os pregos grudados nela) da chama da vela, sem que a chama entre em contato direto com a parafina e os pregos. (Figura 18)
5. Repetir os procedimentos de 2 a 4, dessa vez utilizando a lixa de unha ao invés da faca. (Figura 19)

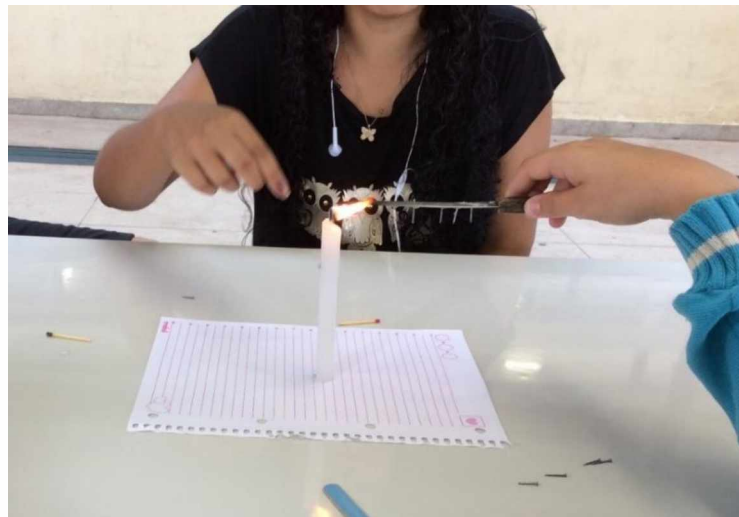


Figura 18 – Realização da atividade experimental. Fonte: a autora.

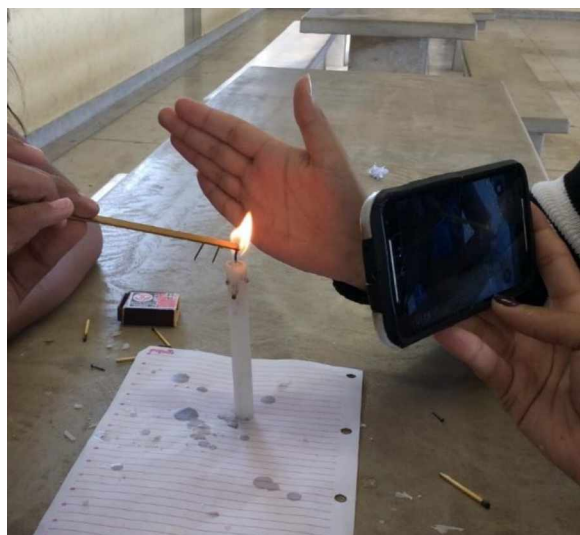


Figura 19 – Realização da atividade experimental. Fonte: a autora.

Os alunos foram levados para a cantina da escola, pois o espaço possui mesas grandes e os grupos ficariam bem divididos. Os alunos foram divididos em 4 grupos com 5 integrantes e 1 grupo com 4 integrantes. Cada grupo recebeu, uma vela, uma caixa de fósforos, alguns pregos, uma faquinha de serra (de mesa) e uma lixa de unha. Orientei aos alunos que não brincassem com os palitos de fósforos e nem com as faquinhas para que não houvesse acidentes. Cada grupo providenciou uma folha de papel, que deveria ser utilizada apenas para evitar que os resíduos de parafina caíssem na mesa. Informei que eles não receberiam um roteiro escrito sobre o experimento, portanto deveriam prestar atenção na explicação para que soubessem como proceder com os materiais recebidos.

A sequência de procedimentos foi informada verbalmente para os alunos e os grupos que tiveram dúvidas quanto à realização foram atendidos individualmente. Um integrante do grupo ficou responsável por filmar a realização do experimento e depois enviar o vídeo para a professora (via *e-mail* ou *WhatsApp*).

Durante a realização dos experimentos (Figuras 18 e 19), muitos alunos me chamaram para questionar e auxiliar na realização dos mesmos. Alguns estavam tendo dificuldade para fixar os pregos na faca e na lixa, fazendo com que a execução do experimento demorasse mais do que o esperado, cerca de 15 minutos.

Após a realização dos experimentos, pedi que os alunos recolhessem os materiais e fizessem a limpeza das mesas para voltarmos à sala. Em sala de aula, pedi que eles anotassem três perguntas:

1. Por que os pregos da faca caíram mesmo não estando em contato direto com a chama?
2. Por que os pregos da lixa só caíram quando entraram em contato direto com a chama?
3. Por que a lixa pegou fogo e a faca não?

Cada aluno deveria responder as perguntas individualmente e depois se reunir com o seu respectivo grupo para trocar informações e o grupo elaborar uma resposta única, unindo as ideias de todos. Alguns alunos perguntaram se poderiam pesquisar na internet sobre o assunto e eu respondi afirmativamente, mas alertei que qualquer conceito novo que aparecesse nas respostas deveria ser acompanhado de sua explicação.

Perguntei o que eles acharam do experimento e os alunos afirmaram ter gostado de fazer uma atividade diferente, principalmente fora da sala de aula. Alguns questionaram porque não tínhamos feito isso antes, que “fazer experimento é muito mais legal que ficar na sala, a gente vê as coisas acontecerem de verdade.” (fala do aluno A22).

Os grupos permaneceram reunidos até o final da aula e foi dado um prazo de 4 dias para que os vídeos e as respostas fossem enviados. Ao final do prazo, lembrei os alunos, pelo

grupo do *WhatsApp*, sobre o envio das atividades e um dos grupos disse que havia perdido a filmagem e pediu para refazer. Para esse grupo foi fornecido um tempo adicional (mais 2 dias) para o envio.

A resposta da questão 1 foi a mesma em todos os grupos, apenas as respostas das questões 2 e 3 sofreram modificações de um grupo para o outro, mas mesmo assim foram bastante parecidas, com o uso de termos que até então não haviam sido trabalhados em sala de aula. Portanto, em seguida estão descritas as respostas de dois grupos.

Grupo 1

1. *Porque a faca é um objeto que conduz o calor e o calor da chama fez com que a faca se aquecesse e derrubasse todos os pregos, mesmo não estando em contato direto com a chama.*
2. *Porque a lixa é feita com materiais que não são bons condutores de calor e que pegam fogo facilmente.*
3. *Porque a lixa é má condutora de calor, pois é feita de madeira.*

Grupo 2

1. *Porque a faca é um objeto que conduz o calor e o calor da chama fez com que a faca se aquecesse e derrubasse todos os pregos, mesmo não estando em contato direto com a chama.*
2. *A lixa é um material sólido inflamável, que em contato com o fogo se queima. A faca é feita de um material chamado metalon que é também conhecido como metal e não pega fogo. Por isso a lixa queima e a faca não, pois o metal somente esquenta e a lixa se desfaz.*
3. *A lixa é um material sólido inflamável, ou seja, em contato com o fogo vai ocorrer combustão, então o fogo vai queimando a lixa até chegar perto dos pregos e assim derrete a parafina que prendia os pregos juntos à lixa.*

O termo conduzir (e suas variações) aparecem em quase todas as respostas. Os termos bom e mau condutor também foram citados em algumas questões. Apesar de solicitar que os alunos explicassem os termos físicos em suas explicações, isso não foi feito em nenhum dos grupos. Dessa forma, a aula explanatória deve abranger os termos colocados pelos alunos, dando significado a eles.

3.9. Nona Aula

A nona aula tratou dos processos de transmissão de calor: condução, convecção e irradiação térmica. A aula foi realizada em sala de aula com o uso do projetor e havia 21 alunos presentes.

Antes de iniciar a aula os alunos me perguntaram se eu ia explicar o experimento que eles haviam realizado na aula anterior e dizer se as respostas deles estavam certas. Informei que durante a explicação retomaria os fenômenos físicos referentes ao experimento.

A aula foi iniciada com alguns questionamentos (Figura 19), para que os alunos percebessem a relação entre luz e calor. As perguntas faziam referência ao fato da luz estar associada ao calor e vice-versa e, também, devido à fonte térmica utilizada no experimento remoto que iriam realizar ter sido concebida originalmente para funcionar como uma fonte luminosa.



Antes, me respondam...

Quem nunca sentiu calor ao se expor à luz do Sol na rua, na piscina ou numa praia?

E ao ficar próximo da chama de uma churrasqueira ou do fogão?

Até mesmo a luz de uma lâmpada é capaz de aquecer um ambiente...

Figura 20 – Slide utilizado em sala de aula. Fonte: a autora.

Após expor as situações, os alunos foram questionados: “Será que a luz e o calor estão sempre juntos? Isto é, onde tem luz tem calor e onde tem calor tem luz? O que você acha?”. A sala ficou dividida entre sim e não, então pedi que alguns alunos manifestassem sua opinião. Os alunos começaram um diálogo e deixei que expressassem suas ideias.

A26: *Onde tem luz tem calor, mas pode ter calor sem ter luz.*

A12: *Luz e calor estão sempre juntos sim, pra ter um precisa do outro.*

A26: *Na sauna tem calor, mas não precisa ter luz. Não é a luz que faz a sauna esquentar.*

A3: *Mas e o gelo seco, ele quente, né? E não tem luz.*

A17: *Não, ele é extremamente frio.*

A3: *Mas se pegar ele na mão ele queima a mão.*

A20: *É porque ele é gelado, coisas geladas também queimam.*

A3: *Ô fessora, explica aí por favor, não tô entendendo mais nada.*

Os alunos começaram a ficar muito agitados, muitos falando ao mesmo tempo, então pedi que se acalmassem que eu ia explicar. Expliquei para o aluno A3 que tanto corpos muito frios quanto corpos muito quentes podem causar queimaduras. Voltando ao assunto colocado pelo aluno A26, disse que ele estava certo ao usar o exemplo da sauna, pois nesse caso não é a luz o fator responsável pelo aquecimento da mesma.

Continuamos a aula falando sobre a relação entre luz e calor, dessa vez usando o Sol como exemplo. Todos concordaram que o Sol é nossa principal fonte de luz e calor, então nesse caso ela emite os dois tipos de energia. Perguntei o porquê do Sol emitir luz e calor e os alunos responderam “porque ele é um vulcão” (A19), “porque ele é quente” (A21) e “porque ele é uma estrela” (A22). Antes de continuar a discussão a respeito do Sol, que seria usado para explicar a transmissão de calor por irradiação térmica, pedi que os alunos dessem exemplos de situações em que existe luz, mas não existe calor.

A17: *Aquele peixe que tem luz na cabeça, igual do filme Nemo.*

A22: *Vaga-lume.*

A2: *Lâmpadas de LED.*

Em seguida, pedi que agora desses exemplos de situações em que existe calor, mas não tem luz.

A26: *A sauna.*

A17: *A bateria do celular.*

A20: *Secador, prancha (de cabelo).*

A19: *Forno elétrico.*

Verificando os exemplos dados pelos alunos, os outros concluíram que então calor e luz nem sempre estão juntos e dei início à explanação sobre irradiação térmica. Para isso, retomei novamente ao espectro eletromagnético (Figura 21), falando sobre as frequências visíveis e não visíveis e as diferenças entre elas.

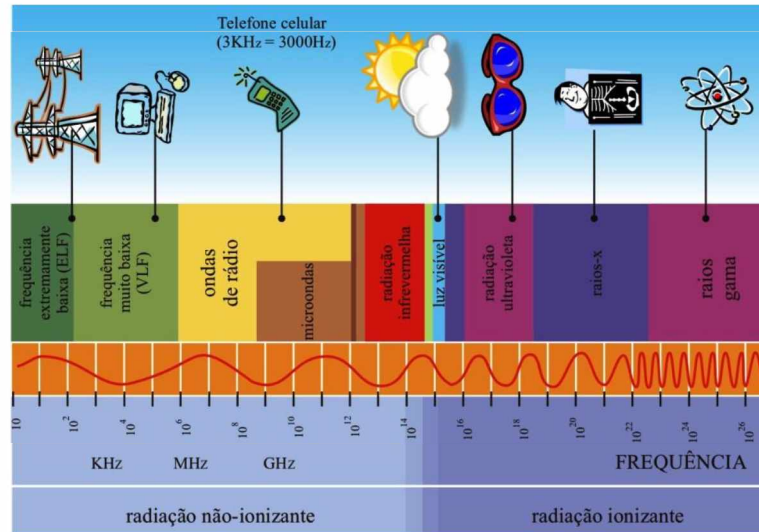


Figura 21 – Espectro eletromagnético.

Fonte: <https://www.resumoescolar.com.br/wp-content/imagens/espectro-eletromagnetico.jpg>.

Ao ver a figura sobre o espectro eletromagnético, a aluna A2 questionou a diferença entre radiação ionizante e não-ionizante. Expliquei que a radiação ionizante é aquela capaz de arrancar elétrons de átomos ou moléculas, produzindo íons. Então a aluna perguntou se esse é um tipo de radiação perigosa. Para dar continuidade a essa explicação, fiz referência à frequência e ao comprimento das ondas, quanto maior a frequência, menor o seu comprimento de onda, fazendo com que a onda penetre com mais facilidade no corpo, inclusive no corpo humano.

Com essa afirmação, surgiram muitas perguntas dos alunos em relação ao que “faz mal” para o nosso corpo, inclusive sobre a radiação emitida pelo celular e pelo micro-ondas. Aproveitei o interesse dos alunos para discutir o assunto, sempre utilizando termos científicos (comprimento de onda, frequência, tipos de onda) para explicar.

Questionei se, no experimento realizado na aula anterior, houve transmissão de calor por irradiação e os alunos responderam que não. Perguntei se o fato da faca ter sido aquecida se devia apenas pelo contato direto com a chama ou se tivéssemos deixado a chama próxima da faca, sem encostar, ela também teria sido aquecida. As opiniões ficaram divididas e a aluna A2 disse: “tinha esquentado mesmo sem encostar na chama. É igual o exemplo do primeiro slide, se eu estiver perto de uma churrasqueira eu vou sentir calor, não preciso colocar a mão no fogo pra saber que tá quente.”. Os alunos concordaram com a colocação da aluna, então complementei que nem sempre precisa haver contato para o calor ser transmitido, apenas no caso da irradiação, que é um processo que pode ocorrer até mesmo no vácuo, ou seja, não necessita de um meio material para se propagar.

Como a discussão sobre o espectro eletromagnético demorou mais do que o esperado, só foi possível trabalhar a transmissão de calor por irradiação nessa aula. Entretanto, já haviam sido planejadas duas aulas para tratar de todos os processos. A participação dos alunos foi surpreendente nessa aula, favorecendo o formato de aula dialogada.

3.10. Décima Aula

A décima aula abordou ainda os processos de transmissão de calor, continuando com a condução e a convecção térmicas. A aula ocorreu em sala de aula com o auxílio do projetor e havia 21 alunos presentes.

Para começar a aula, perguntei sobre o experimento que os alunos tinham feito na oitava aula e pedi que eles me explicassem porque os pregos tinham caído da faca. A aluna A2 respondeu que “é porque a faca conduz o calor da chama”. Perguntei se eles podiam definir essa condução e nenhum deles soube explicar. Então expliquei que materiais como a da faca, um metal, ao ser aquecido em uma das extremidades, transmite o calor por toda a sua extensão, pois as moléculas aquecidas ficam mais agitadas e assim vão agitando as outras moléculas, gerando um aumento na temperatura do corpo.

Perguntei porque esse processo não foi possível quando aquecemos a lixa de unha e novamente a aluna A2 respondeu: “porque ela não conduz calor”. O aluno A26 respondeu: “porque a lixa é isolante, eu li isso, mas não sei o que é”. Assim, apresentei os conceitos de condutores e isolantes térmicos. Como exemplo de isolantes térmicos, foram citados os cobertores e o isopor. Ao perguntar qual era a função do cobertor, a maioria dos alunos disse que era esquentar, enquanto o aluno A26 disse que “não, é pra manter a temperatura do corpo.”.

Em seguida, foi tratado o conceito de convecção térmica e iniciei a explicação perguntando o porquê de o aparelho de ar condicionado ser instalado próximo ao teto e não próximo ao chão. O aluno A17 respondeu que “é porque o ar frio desce e o ar quente sobe, vi isso em algum lugar, acho que é isso”. Respondi que ele estava correto e continuei a explicar que esse processo ocorre nos fluidos (líquidos e gases) e acontece também quando aquecemos a água em uma panela: a água que está na parte de baixo (mais próxima da chama) é aquecida primeiro, fazendo com que ela fique menos densa, então ela sobe; a água que estava em cima (mais fria) desce e então é aquecida também. Portanto a água sendo aquecida em uma panela está em constante movimento (Figura 22).

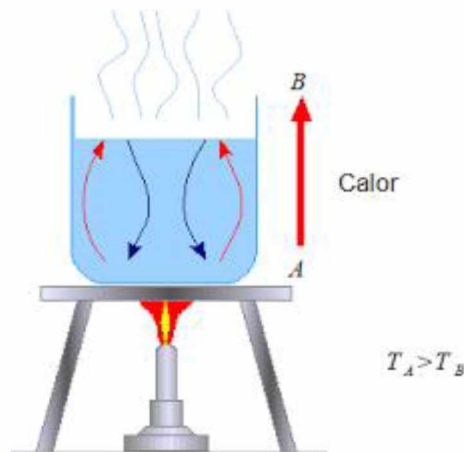


Figura 22 – Exemplo de convecção térmica.

Fonte: <http://profwilker.blogspot.com.br/2011/09/conveccao-termica-e-o-funcionamento-da.html>.

Após explicar os processos de transmissão de calor separadamente, pedi aos alunos que analisassem uma situação em que todos eles poderiam ocorrer simultaneamente. Para isso, perguntei: “Quando você coloca uma panela com água no fogo ocorre apenas condução?”.

Alunos: *Não.*

Professora: *Então quais processos que acontecem? Descrevam pra gente.*

Os alunos ficaram em silêncio, então continuei o diálogo com outro questionamento: “Pra esquentar a panela, eu tive que fornecer calor pra ela. A panela precisa ter contato direto com a chama?”.

Alunos: *Não.*

Professora: *As paredes da panela são aquecidas por qual processo?*

A17: *As moléculas estão aquecendo uma a outra.*

Professora: *Qual o nome desse processo?*

A17: *Ah, aquele negócio que você falou mais cedo de uma molécula agitada ir encostando na outra.*

A3: *Condução.*

Professora: *A água dentro da panela também é aquecida. Qual o nome desse processo?*

A20: *Convecção.*

Professora: *Então o calor da chama é transmitido para a panela por irradiação, a panela toda se aquece por condução e a água dentro dela se aquece por convecção. Ou seja, o simples fato de aquecer água numa panela envolve os três processos de propagação de calor que falamos. Eu não preciso ter cada um separado, eles podem acontecer juntos.*

Para finalizar a discussão a respeito dos processos de transmissão de calor, tratamos das brisas marítimas e continentais, relacionando também com conceitos vistos anteriormente, como calor específico e capacidade térmica.

A aula foi bastante produtiva, houve bastante participação dos alunos.

3.11. Décima Primeira Aula

A partir da décima primeira aula, o objeto de estudo foi o experimento remoto para o estudo da calorimetria. A aula ocorreu em sala de aula, com o uso do projetor e havia 19 alunos presentes. Como o experimento é acessado via *Web* e a escola não tem acesso via *wi-fi*, foi utilizada a *internet* do celular da pesquisadora como ponto de acesso.

Expliquei novamente aos alunos que esse experimento remoto representa um cômodo fechado, que pode ser aquecido por uma lâmpada incandescente. O visor visto na página de acesso mostra a temperatura medida por dois sensores colocados dentro do cômodo, em posições diferentes. Além disso, o visor mostra também a contagem de tempo, para que os usuários possam controlar o tempo de aquecimento e resfriamento do cômodo. Ao clicar no botão “Ligar”, o cronômetro é zerado e a lâmpada do cômodo acende, iniciando a contagem de tempo. Ao clicar no botão “Desligar”, a lâmpada é apagada, mas o cronômetro não é zerado. Após clicar no botão “Desligar”, o usuário deve clicar no botão “Download” para baixar os dados de temperatura medidos pelos sensores. Os dados da tabela serão analisados adiante.

A página²² do experimento (Figura 23) foi acessada pelo notebook e projetada no quadro, para que eu pudesse explicar o funcionamento do experimento e o que deveria ser realizado pelos alunos.

²² Disponível em <http://nutecrexlabs1.ufu.br/>.



Figura 23 – Página de visualização do experimento remoto. Fonte: a autora.

Expliquei para os alunos que nessa aula seriam demonstrados todos os passos que eles deviam seguir para realizar a análise do experimento, que seriam tratados posteriormente. Para demonstrar sua utilização, cliquei no botão “Ligar” e expliquei que os alunos deveriam deixar o experimento ligado por 15 minutos e depois clicar no botão “Desligar”. Após mais 15 minutos, clicar no botão “Download” para baixar os dados do experimento.

Como a duração da aula é de apenas 50 minutos e, até então, já haviam se passado 10 minutos, informei que deixaria o experimento ligado por apenas 10 minutos. Entretanto, antes de terminar o tempo previsto, houve um problema com o acesso à *internet* e o experimento não pôde ser acessado novamente.

Como eu já havia testado o experimento anteriormente, utilizei uma tabela de dados que havia baixado em um dos testes para explicar os dados aos alunos. Ao finalizar o experimento (passados os 30 minutos – aquecimento e resfriamento), os dados são baixados num arquivo de formato *.txt (Figura 24).

Teste - Bloco de notas				
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
0	27,86	29,33	28,35	
3	28,35	29,33	27,86	
6	28,84	29,81	27,86	
9	28,84	29,81	27,86	
12	28,84	30,3	27,37	
15	29,33	30,3	27,37	
18	29,33	30,79	27,37	
21	31,28	26,88		
24	29,81	31,28	27,86	
27	30,3	31,28	26,88	
30	30,3	31,77	27,86	
33	30,3	31,77	26,88	
37	30,79	32,26	27,86	
40	30,79	32,26	26,88	
43	31,28	32,75	27,86	
47	31,28	32,75	27,37	
50	31,77	33,24	27,86	
53	31,77	33,24	27,86	
56	32,26	33,72	26,88	
59	32,75	33,72	27,86	
62	32,26	33,72	28,35	
65	32,26	34,21	27,86	
68	32,75	34,21	27,37	
72	33,24	34,7	26,88	
75	33,24	34,7	27,86	
78	33,72	35,19	26,88	
81	33,72	35,19	28,35	
84	33,72	35,19	26,88	

Figura 24 – Dados do experimento em formato *.txt. Fonte: a autora.

Os dados da primeira coluna são do tempo, expresso em segundos, desde o momento em que o experimento é ligado até o momento que o usuário clica no botão “Download”. Os dados são colhidos a cada 3 segundos. As segunda e terceira colunas representam a medição da temperatura realizada pelos sensores dentro do cômodo. A quarta coluna representa a medição da temperatura externa do cômodo, fator que não foi utilizado em nossas análises.

Após realizar o download dos dados, o objetivo é que os alunos representem esses dados em um gráfico Temperatura *versus* tempo, para cada um dos sensores. Existem vários programas disponíveis na *web* para a montagem de gráficos e para esse projeto escolhemos o Microsoft Excel, por ser um programa disponível na maioria dos computadores que utilizam o sistema operacional Windows.

Para traçar o gráfico no Excel, foi explicado passo a passo como os alunos deveriam proceder e foi solicitado que eles anotassem no caderno para não ter dúvidas posteriormente. Antes de finalizar a aula, alguns alunos disseram não ter entendido muito bem como fazer o gráfico, então sugeri que eu faria um roteiro e enviaria pelo *WhatsApp* para eles. Os alunos concordaram e o roteiro foi enviado no dia posterior. O roteiro se encontra no Apêndice D.

Além de traçar o gráfico, entreguei aos alunos algumas perguntas (Quadro 38) que deveriam ser respondidas pelo grupo ao final da realização da atividade experimental. Combinamos que as respostas seriam entregues na última aula (décima terceira aula).

Quadro 38 – Perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.

1. Como você justifica a diferença entre as duas curvas apresentadas no gráfico?
2. Por que a temperatura variou da forma mostrada no gráfico durante o intervalo de tempo em que a lâmpada esteve ligada?
3. Como você justifica o fato de a temperatura variar muito no início do aquecimento do ambiente e menos depois, com a fonte ainda ligada?
4. Qual a razão da curva tender a um valor constante de temperatura durante o aquecimento?
5. Por quê a curva de resfriamento não é uma reta?
6. Que tipo de sistema físico esse ambiente térmico apresenta: um sistema isolado, um sistema fechado ou um sistema aberto? Justifique.
7. Como seria a variação de temperatura em um procedimento semelhante realizado em cada tipo de sistema: isolado, fechado e aberto, com as mesmas características físicas (tamanho, material, preenchimento, etc.)?
8. Quais são as suas conclusões após realizar esse experimento?

3.12. Décima Segunda Aula

A décima primeira aula foi planejada para discutir a equação de aquecimento do cômodo do experimento remoto. A aula ocorreu em sala de aula e haviam 20 alunos presentes.

Para iniciar o diálogo com os alunos, perguntei: “Quando ligo o experimento, a temperatura interna do cômodo começa a aumentar. Por quê?”.

A26: *Porque troca calor com o ambiente.*

Professora: *Quem troca calor com quem?*

A26: *A lâmpada troca calor com o ambiente.*

A17: *Não, é porque a lâmpada esquenta.*

Professora: *Isso, a lâmpada esquenta. Então a lâmpada fornece calor pro cômodo, fazendo a temperatura aumentar. A temperatura vai aumentar indefinidamente?*

A23: *Não.*

Professora: *Porque não?*

A26: *Não, ela só vai esquentar enquanto a lâmpada estiver acesa.*

Professora: *Tá, então vou deixar ela ligada o dia inteiro. A temperatura vai aumentar, aumentar, aumentar o dia todo?*

Alunos: *Não.*

A26: *Senão ela estoura.*

Professora: *Então até quando ela vai esquentar?*

A26: *Até superaquecer e estourar.*

Professora: *Não, em condições normais ela não vai estourar. Posso deixar ligada o dia todo que não estoura.*

A13: *Até 60°.*

Professora: *Por que 60°?*

A20: *Ela esquenta até atingir uma certa temperatura, não precisa ser 60°.*

Professora: *Essa temperatura recebe um nome específico. Temperatura do?*

A26: *Ambiente.*

A13: *Isso tá no caderno?*

Professora: *Vou fazer outra pergunta e depois voltamos nessa. Por que a temperatura não vai aumentando pra sempre? O cômodo não é fechado?*

A12: *É, mas tem o vidro.*

Professora: *E o que que o vidro faz?*

A12: *Troca calor com o ambiente.*

Professora: *Exatamente. E o cômodo demora mais pra esquentar ou pra resfriar?*

Alunos: *Pra resfriar.*

Professora: *Por quê?*

A26: *Porque o ambiente tá quente e não entra ar.*

A5: *Porque o vidro é isolante.*

Professora: *Então o vidro permite trocar calor no aquecimento mas no resfriamento não?*

Os alunos ficaram em dúvida e não souberam responder à pergunta.

Professora: *A taxa de transferência é maior no aquecimento do que no resfriamento. Do que vai depender a quantidade de calor que a lâmpada vai fornecer para o cômodo?*

Os alunos ficaram em silêncio.

Professora: *Depende da massa de ar, certo? Da variação de temperatura e da capacidade térmica do cômodo. A lâmpada fornece calor pra quem dentro do cômodo?*

A26: *Pro isopor. (As paredes do cômodo são de isopor).*

A19: *Nada, não tem nada lá dentro.*

Professora: *Então lá dentro é o vácuo? Não tem matéria?*

A17: *O ar.*

Professora: *A quantidade de calor que a lâmpada fornece aquece o ar que está dentro do cômodo. Então eu preciso saber a quantidade de ar, ou seja, a massa de ar que tem lá dentro, o calor específico dele e verificar qual a variação de temperatura que ele vai sofrer.*

Dentro do cômodo eu tenho isopor e na frente eu tenho vidro. A gente sabe que esses materiais são isolantes. Mas mesmo assim vai ter troca de calor com esses materiais?

Alunos: *Sim.*

Professora: *Então temos que considerar esses materiais também.*

A26: *Então quanto mais isolado o cômodo estiver mais rápido ele vai esquentar? Ou mais devagar?*

Professora: *Se for isolado ele aquece mais rápido, porque toda energia que ele recebe na forma de calor, ele utiliza para se aquecer, não tem perdas para o ambiente externo.*

Professora: *Esse sistema que estamos estudando é aberto, fechado ou isolado?*

Alunos: *Isolado.*

Professora: *Então ele não troca calor com o meio externo?*

A2: *Ah não, ele é fechado, porque deixa o calor sair pelo vidro.*

Após o diálogo com os alunos, começamos a montar a equação do aquecimento do cômodo, a partir das ideias que haviam sido discutidas. Lembrei que utilizaríamos a letra Q para representar a quantidade de calor recebida pelo cômodo (proveniente da lâmpada incandescente) e analisaríamos quais fatores são modificados quando o cômodo é aquecido.

Como já havíamos falado anteriormente, o calor proveniente da lâmpada aquece a massa de ar que está confinada no cômodo. É necessário então saber quanto de massa de ar o cômodo suporta. Para mensurar o valor, foram dadas as medidas das dimensões do cômodo (23,4 cm x 12,5 cm x 10,1 cm) e os alunos foram orientados a procurar na *internet* o valor da densidade do ar. A partir desses dados é possível calcular o valor aproximado da massa de ar, pela relação:

$$m = d \cdot V \quad (\text{Equação 2})$$

em que

m: massa;

d: densidade do material;

V: volume.

Além de conhecer a massa de ar dentro do cômodo, foi falado que os materiais que compõe o cômodo também sofrem aquecimento e esses dados também devem ser analisados. Assim, a capacidade térmica do cômodo deve ser levada em consideração. Como o cálculo da capacidade térmica, nesse caso, envolve conhecimento avançado da matemática, o valor foi informado aos alunos ($C_{\text{cômodo}} \cong 46,69 \text{ cal/}^\circ\text{C}$).

Portanto a equação de aquecimento do cômodo é dada por

$$\Delta Q_{\text{lâmpada}} = (m_{\text{ar}} \cdot c_{\text{ar}} + C_{\text{cômodo}}) \cdot \Delta T_{\text{ar}} + \Delta Q_{\text{laboratório}}(t) \quad (\text{Equação 3})$$

em que

$\Delta Q_{l\u00e2mpada}$ = quantidade de calor fornecida pela fonte t\u00e9rmica (l\u00e2mpada);

m_{ar} : massa de ar interna ao c\u00f4modo;

c_{ar} : calor espec\u00edfico do ar \u00e0 volume constante;

$C_{c\u00f4modo}$: capacidade t\u00e9rmica do c\u00f4modo;

ΔT_{ar} : varia\u00e7\u00e3o da temperatura no interior do c\u00f4modo;

$\Delta Q_{laborat\u00f3rio}(t)$: quantidade de calor transferida ao ambiente externo, vari\u00e1vel com o tempo.

A quantidade de calor fornecida pela l\u00e2mpada ao c\u00f4modo \u00e9 constante, entretanto a quantidade de calor fornecida ao meio externo \u00e9 vari\u00e1vel, pois depende da diferen\u00e7a da temperatura entre o c\u00f4modo e o meio externo. Sendo assim, podemos trabalhar com essas grandezas relacionando-a com o tempo:

$$\frac{\Delta Q_{l\u00e2mpada}}{\Delta t} = (m_{ar} \cdot c_{ar} + C_{c\u00f4modo}) \cdot \frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t} + \frac{\Delta Q_{laborat\u00f3rio}(t)}{\Delta t} \quad (\text{Equa\u00e7\u00e3o 4})$$

O c\u00e1lculo do termo $\frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t}$ deve ser realizado a partir dos dados do experimento. Como existem dois sensores no c\u00f4modo, os alunos devem fazer uma m\u00e9dia dos valores de temperatura medidos, considerando o intervalo de tempo apenas do aquecimento do c\u00f4modo (recomendado fazer a medi\u00e7\u00e3o em 15 minutos – 900 segundos).

A rela\u00e7\u00e3o entre quantidade de energia (calor) e intervalo de tempo pode ser expressa na forma de pot\u00eancia, portanto a equa\u00e7\u00e3o 4 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\bar{P}_{l\u00e2mpada} = (m_{ar} \cdot c_{ar} + C_{c\u00f4modo}) \cdot \frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t} + \bar{P}_{laborat\u00f3rio} \quad (\text{Equa\u00e7\u00e3o 5})$$

em que

$\bar{P}_{l\u00e2mpada}$: pot\u00eancia t\u00e9rmica m\u00e9dia do aquecimento do c\u00f4modo (fornecida pela l\u00e2mpada);

$\bar{P}_{laborat\u00f3rio}$: pot\u00eancia t\u00e9rmica m\u00e9dia da irradia\u00e7\u00e3o de calor ao ambiente externo (laborat\u00f3rio).

Para realizar o c\u00e1lculo da $\bar{P}_{l\u00e2mpada}$, foram informados os dados da tens\u00e3o da l\u00e2mpada (11,85V) e da corrente el\u00e9trica que a percorre (1,7A). Portanto o valor da pot\u00eancia pode ser calculado pela rela\u00e7\u00e3o

$$P = U \cdot i \quad (\text{Equa\u00e7\u00e3o 6})$$

em que

P: pot\u00eancia el\u00e9trica da l\u00e2mpada;

U: tens\u00e3o el\u00e9trica;

i: corrente el\u00e9trica.

O valor encontrado na equa\u00e7\u00e3o 6 se refere \u00e0 pot\u00eancia el\u00e9trica da l\u00e2mpada. Entretanto, de acordo com dados de fabricantes de l\u00e2mpadas incandescentes, cerca de 95% da pot\u00eancia \u00e9

emitida na forma de energia térmica. Portanto, o valor da potência térmica da lâmpada deve ser 95% do valor encontrado.

O objetivo é que os alunos encontrem o valor da $\bar{P}_{laboratório}$, usando a equação 5.

Ao finalizar a explicação e o equacionamento do estudo, muitos alunos afirmaram ter dúvidas, pois foram apresentados muitos dados. Pediram novamente que eu fizesse um roteiro resumido dos cálculos e enviasse para eles. O roteiro foi elaborado e enviado no mesmo dia via *WhatsApp*.

A aula descrita ocorreu numa sexta-feira; então pedi que os alunos acessassem o experimento, coletassem novos valores de tempo e de temperatura, fizessem os gráficos no Excel e começassem a realizar os cálculos. Para isso, os alunos se dividiram em 5 grupos de 4 e 5 alunos. Pedi que os alunos me informassem quando fossem realizar as medições, para que mais de um grupo não acessasse o experimento ao mesmo tempo, ocasionando interferências na coleta de dados.

Pedi que levassem o gráfico impresso na aula seguinte, ou então que me mostrassem a figura, via celular. Um dos grupos perguntou se poderia levar o *notebook*, caso o gráfico apresentasse algum erro e precisasse ser modificado.

Durante a semana, os grupos foram informando no grupo da sala (no aplicativo *WhatsApp*) quando iam realizar as medições, de forma que nenhum deles fez acesso simultâneo. Os alunos que não haviam recebido o roteiro para a obtenção do gráfico me solicitaram e eu enviei o roteiro novamente.

Deve-se ressaltar que a apresentação da equação (3) aos alunos é uma novidade, pois a abordagem desse tema no ensino médio normalmente trata da troca de calor entre sistemas que se encontram isolados da vizinhança e em situações de equilíbrio térmico. Entretanto, o experimento remoto utilizado funciona de uma maneira não ideal, apresentando trocas de calor entre o sistema em estudo (a sauna) e o meio externo (o laboratório) e, assim, o termo $\Delta Q_{laboratório}(t)$ deve ser considerado, da mesma forma que a variação temporal das temperaturas.

Esses dois fatos introduzem uma riqueza de interpretações conceituais ao fenômeno, as quais não são possíveis nas abordagens idealizadas.

3.13. Décima Terceira Aula

A décima terceira aula ocorreu na sala de aula, com a participação de 20 alunos. 4 grupos levaram os gráficos impressos, e dois deles imprimiram também as tabelas com os

dados de temperatura. O grupo que não apresentou o gráfico afirmou ter tido dificuldade na obtenção do mesmo, mas uma das integrantes do grupo levou no *notebook* para a sala e pude auxiliá-la a fazê-lo.

O gráfico de um dos grupos apresentou um erro de medição, fazendo com que o gráfico apresentasse uma falha nos dados: um ponto que se encontrava muito fora da curva. O aluno que havia feito o gráfico levou os dados da tabela em um *pendrive*, então fomos tentar encontrar o erro. Verificamos que o erro era devido à uma leitura errada na tabela, um dado considerado como lixo, que não condizia com a medição. Retiramos o dado errado da tabela e o aluno refez o gráfico utilizando o notebook da professora (Figura 25).

A presença de fatores inesperados na realização de uma experimentação é outra contribuição pedagógica importante, pois leva estudantes e professores a refletirem sobre um problema real que não se manifesta no caso de tratamentos puramente teóricos.

Perguntei, então, se algum dos grupos já havia feito os cálculos e todos afirmaram que não. Pedi que o fizessem naquele momento, já que estavam com os gráficos em mão.

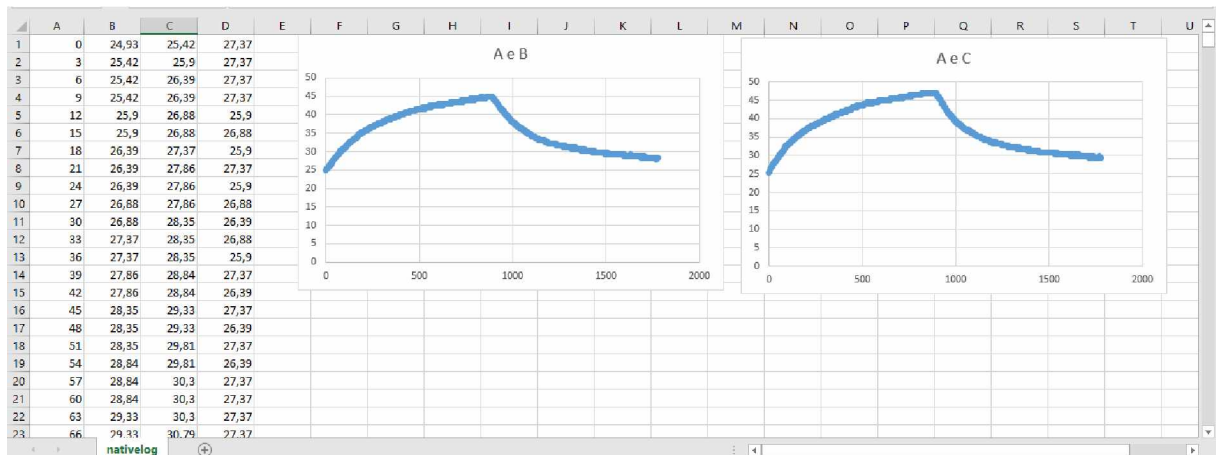


Figura 25 – Gráfico Temperatura *versus* tempo apresentado pelo Grupo 1. Fonte: a autora.

Todos os grupos informaram ter dificuldade em fazer a leitura dos dados, então projetei os gráficos feitos pelo grupo 1 (Figura 24) no quadro e começamos a discutir o significado dos dados. Perguntei o que significava o pico no gráfico e o aluno A17 disse que era o ponto em que a temperatura do cômodo atingia seu valor máximo.

Perguntei porque a partir desse momento a curva ficava diferente e aluna A16 informou que “depois que a gente desliga a lâmpada o cômodo para de esquentar e começa a esfriar. E ele demora mais a esfriar, então por isso é diferente.”. Complementando a fala da aluna, chamei a atenção para o fato da temperatura do cômodo não retornar ao valor inicial, considerando que o tempo de aquecimento e resfriamento medidos foram os mesmos.

Ao acender a lâmpada, a temperatura no interior da sauna cresce até um valor limite, que é definido tanto em função da potência da lâmpada que aquece o cômodo, quanto pela diferença das temperaturas da sauna e do laboratório. Quando a temperatura da sauna se torna próxima da temperatura do bulbo de vidro da lâmpada, o conjunto lâmpada e cômodo se torna um único emissor de energia térmica para o meio externo (o laboratório) e a temperatura interna (da sauna) não sofre mais variações sensíveis. Nessa situação, a variação da temperatura interna depende da potência térmica fornecida pela lâmpada, da potência térmica irradiada ao laboratório e da capacidade térmica da sauna (Equação 5).

Ao desligar a lâmpada, a troca de calor entre a sauna e o laboratório irá depender apenas da capacidade térmica da sauna e da potência térmica irradiada ao laboratório, o que resulta em uma diferente variação temporal da temperatura interna.

Esse comportamento ocorre nos fornos de fogões, em ambientes fechados com janelas de vidro e iluminados com lâmpadas incandescentes, em estufas de lanchonetes etc. e foi possível de ser verificado ao se usar o experimento remoto.

Posteriormente, pedi aos alunos que pesquisassem na internet os valores da densidade do ar à volume constante e do calor específico do mesmo. Como apareceram diversos dados diferentes (em virtude das unidades de medida), alertei que deveriam usar as unidades g/cm^3 e $\text{cal/g}^\circ\text{C}$, respectivamente. Além disso, poderiam também calcular o valor da potência térmica média da lâmpada, com os valores fornecidos na aula anterior.

Os grupos permaneceram reunidos até o final da aula, fazendo os cálculos e analisando os dados do experimento.

A décima terceira aula foi a última do projeto, mas também foi a última do bimestre. A partir dessa aula os alunos só voltariam à escola para fazer as provas bimestrais e finais. Por isso pedi que me enviassem por e-mail os gráficos, o resultado dos cálculos e as respostas às perguntas feitas na décima segunda aula (Quadro 36). Foi estipulado o prazo de uma semana para o envio dos materiais. Além disso, pedi que os alunos respondessem à um questionário final, com o objetivo de avaliar a utilização das metodologias IpC e EsM e o experimento remoto.

3.13.1. Resultados em Relação ao Uso do Experimento Remoto

Durante a semana, uma integrante do G2 enviou mensagens via *WhatsApp*, no momento em que estava reunida com o seu grupo, para sanar algumas dúvidas referentes aos

cálculos. Auxiliei as alunas a realizarem os cálculos e, no mesmo dia, me enviaram o trabalho pronto.

O interesse dos estudantes em saber se suas ideias ou procedimentos estavam corretos revela uma postura positiva dos mesmos no processo de aprendizagem.

Apenas o G1 realizou os cálculos da fase de aquecimento do cômodo. O G2 realizou os cálculos referentes à potência da lâmpada e afirmaram não ter conseguido fazer o restante. Os grupos G1, G2 e G3 enviaram os gráficos e as respostas às perguntas conceituais (Quadros 39 a 41). Os grupos G4 e G5 enviaram apenas os gráficos.

Quadro 39 – Respostas do G1 às perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.

1. Como você justifica a diferença entre as duas curvas apresentadas no gráfico?

Como demonstra o gráfico a temperatura aumenta pelo aquecimento da lâmpada, e a temperatura cai pelo resfriamento do cômodo, ou seja, com a lâmpada desligada.

2. Por que a temperatura variou da forma mostrada no gráfico durante o intervalo de tempo em que a lâmpada esteve ligada?

Temos a variação pelo aquecimento da lâmpada ela aquece o cômodo e assim aumenta a temperatura, depois que desligar a lâmpada a temperatura do cômodo começa a cair devagar.

3. Como você justifica o fato de a temperatura variar muito no início do aquecimento do ambiente e menos depois, com a fonte ainda ligada?

A temperatura aumenta mais no aquecimento do que no esfriamento.

4. Qual a razão da curva tender a um valor constante de temperatura durante o aquecimento?

Tende a ficar constante pois a temperatura está favorável ao ambiente.

5. Por que a curva de resfriamento não é uma reta?

O resfriamento tende a cair de forma invariável que seja não cai de dez em dez, mas sim de em cinco quatro etc.

6. Que tipo de sistema físico esse ambiente térmico apresenta: um sistema isolado, um sistema fechado ou um sistema aberto? Justifique.

Fechado, pois troca calor com o ambiente.

7. Como seria a variação de temperatura em um procedimento semelhante realizado em cada tipo de sistema: isolado, fechado e aberto, com as mesmas características físicas (tamanho, material, preenchimento, etc.)?

Seria isolado ou meio termo sendo a cada um deles.

8. Quais são as suas conclusões após realizar esse experimento?

Conclusão são (sic) de que num sistema como nossa casa também se possa conta aberta (??) de todas as maneiras a lâmpada irá esquentar ou ficar num aquecimento meio termo com ela aberta, e num estado fechado ela ficaria super aquecida pois quando o ambiente é fechado o ar vai se alto acumulando e tornando tudo meio quente no local o qual está!

Quadro 40 – Respostas do G2 às perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.

1. Como você justifica a diferença entre as duas curvas apresentadas no gráfico?

A variação de A e B é menor do que a variação de A e C

2. Por que a temperatura variou da forma mostrada no gráfico durante o intervalo de tempo em que a lâmpada esteve ligada?

O calor específico sensível representa uma espécie de resistência do material, ou da substância, a variação de temperatura. Assim, devido ao baixo calor específico, a temperatura varia rapidamente quando recebe ou cede calor.

3. Como você justifica o fato de a temperatura variar muito no início do aquecimento do ambiente e menos depois, com a fonte ainda ligada?

Apesar de uma mudança profunda nas propriedades físicas de um material quando da sua transição vítrea, esse processo não é uma mudança de fase (como fusão ou solidificação), mas sim um fenômeno que se estende ao longo de uma faixa de temperatura definido por uma série de convenções. Tais convenções incluem uma constante de taxa de resfriamento entre outros parâmetros.

4. Qual a razão da curva tender a um valor constante de temperatura durante o aquecimento?

Porque mostram a variação da temperatura com o tempo à medida que o objeto vai perdendo ou ganhando energia.

5. Por que a curva de resfriamento não é uma reta?

(Sem resposta)

6. Que tipo de sistema físico esse ambiente térmico apresenta: um sistema isolado, um sistema fechado ou um sistema aberto? Justifique.

Isolado porque ele não absorve calor do ambiente.

7. Como seria a variação de temperatura em um procedimento semelhante realizado em cada tipo de sistema: isolado, fechado e aberto, com as mesmas características físicas (tamanho, material, preenchimento, etc.)?

(Sem resposta)

8. Quais são as suas conclusões após realizar esse experimento?

Que a temperatura é a medida de um ambiente que em um caso em que as partículas pararem temos a menor temperatura possível.

Quadro 41 – Respostas do G3 às perguntas conceituais relacionadas à realização do experimento remoto.

1. Como você justifica a diferença entre as duas curvas apresentadas no gráfico?

Existem dois sensores de calor na casa, um está mais próximo da lâmpada e por isso esquenta mais, mesmo a lâmpada incandescente não esquentar tanto.

2. Por que a temperatura variou da forma mostrada no gráfico durante o intervalo de tempo em que a lâmpada esteve ligada?

Porque a temperatura do sensor mais perto da lâmpada aumentou mais rápido enquanto à outra não.

3. Como você justifica o fato de a temperatura variar muito no início do aquecimento

do ambiente e menos depois, com a fonte ainda ligada?

Existe um vidro na parte da frente do experimento que consegue trocar de calor com o ambiente. O resfriamento é mais lento que a transferência de calor da lâmpada para o cômodo.

4. Qual a razão da curva tender a um valor constante de temperatura durante o aquecimento?

Sem resposta.

5. Por quê a curva de resfriamento não é uma reta?

Não é uma reta pois o resfriamento não ocorre de imediato e em gradativamente.

6. Que tipo de sistema físico esse ambiente térmico apresenta: um sistema isolado, um sistema fechado ou um sistema aberto? Justifique.

Fechado pois tem o vidro que troca energia (calor) com o ambiente.

7. Como seria a variação de temperatura em um procedimento semelhante realizado em cada tipo de sistema: isolado, fechado e aberto, com as mesmas características físicas (tamanho, material, preenchimento, etc.)?

Um sistema isolado não trocava matéria nem energia com o exterior, bastando acrescentarmos um sistema isolante em um sistema fechado para que o sistema não troque energia (um isopor, ou outro tipo de isolamento).

Um sistema fechado seria em contraste com um sistema isolado, é um sistema encerrado por uma fronteira que permite trocas de energia, mas não de matéria, entre o sistema e sua vizinhança.

Sistema aberto é um conjunto de partes interdependentes que processa insumos em saídas, logo, uma organização é um sistema aberto, administrado, projetado e operado para atingir determinado conjunto de objetivos. As organizações são dependentes de fluxos de recursos do ambiente externo, assim como os sistemas abertos.

8. Quais são as suas conclusões após realizar esse experimento?

As conclusões é que o sensor que está perto da lâmpada esquenta mais rápido, mesmo assim o tempo dos dois sensores são próximos e a variação de temperatura entre os 15 minutos de aquecimento é de: 0° à $37,15^{\circ}$ e de resfriamento é de: $37,15^{\circ}$ à $30,3^{\circ}$ e 15 minutos do outro sensor é de 0° à $39,6^{\circ}$ e de resfriamento 29° .

Verifica-se que, embora as respostas dos grupos tenham sido vagas ou incompletas em muitos aspectos, há uma tentativa de explicar determinados comportamentos. A percepção do G2 (Quadro 40) de que as variações de temperatura nos dois sensores ocorrem de forma diferente, e de G3 (Quadro 41) de que para o sensor mais próximo da lâmpada a variação da temperatura é maior, parece indicar que houve uma compreensão geral das informações apresentadas pelos dois gráficos da Figura 25.

Para se enunciar esse fato, é necessário não apenas verificar a máxima temperatura, mas relacionar as diferenças entre as temperaturas finais e as temperaturas iniciais e os intervalos de tempo decorrido em cada gráfico, o que parece ter sido feito por esses grupos, de

forma correta. A tentativa de resposta do G3 (Quadro 41) na última questão, de que “o sensor que está perto da lâmpada esquenta mais rápido, mesmo assim o tempo dos dois sensores são próximos” reforça a interpretação positiva dessas respostas.

As frases geram dúvidas de interpretação do que realmente querem expressar, mas é importante destacar a resposta do G1 (Quadro 39) de que a “temperatura aumenta mais no aquecimento do que no esfriamento” e do G3 (Quadro 41) de que “existe um vidro na parte da frente do experimento que consegue trocar de calor com o ambiente. O resfriamento é mais lento que a transferência de calor da lâmpada para o cômodo”, pois ambas as frases parecem indicar, ainda que sob muita dúvida, que existe maior rapidez na variação da temperatura na fase de aquecimento do que de resfriamento (G1 e G3) e que a transferência de calor da lâmpada para o cômodo se dá de forma diferente da transferência de calor do cômodo para o ambiente em função da presença da lâmpada (G3), as quais seriam ideias corretas.

Em relação ao tipo de sistema que a sauna representa (fechado, isolado ou aberto), tanto o G1, quanto o G3 respondem corretamente e justificam suas respostas demonstrando certeza em relação ao que afirmam.

O Quadro 42 apresenta o cálculo da potência térmica média da irradiação de calor ao ambiente externo feito pelo G2.

Quadro 42 – Cálculo da potência térmica média da irradiação de calor ao ambiente externo feito pelo G2.

$$\begin{aligned}\bar{P}_{lâmpada} &= (m_{ar} \cdot c_{ar} + C_{cômodo}) \cdot \frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t} + \bar{P}_{laboratório} \\ 19,13 &= (0,001229 \cdot 0,24 + 46,69) \cdot \frac{19,55}{920} + \bar{P}_{laboratório} \\ 19,13 &= 46,69029496 + \bar{P}_{laboratório} \\ 19,13 \cdot 920 &= 46,69029496 + \bar{P}_{laboratório} \\ 17599,60 - 46,69029496 &= \bar{P}_{laboratório} \\ \bar{P}_{laboratório} &= 17,553\end{aligned}$$

Apesar de apresentar os cálculos, as unidades de medida utilizadas pelo grupo não foram definidas, o que prejudica sua análise. Sabemos de o valor da variação de temperatura do cômodo apresentada está em unidades de graus Celsius e o tempo em segundos, pois são dados retirados do gráfico. A unidade de medida da capacidade térmica do cômodo, bem como seu valor numérico, foi fornecida anteriormente (cal/°C). Entretanto, as unidades de medidas das outras variáveis não foram apresentadas. Para realizar a correção, considerei que

a unidade de medida da potência térmica da lâmpada seja watts (W), da massa de ar em gramas (g) e do calor específico do ar em calorias por grama grau Celsius (cal/g.°C). Sendo assim, a unidade de medida resultado encontrado deve ser watts (W).

A análise dimensional e o uso adequado das unidades de medida são fatores importantes a ser trabalhado com os alunos, pois a sua não utilização compromete a análise dos resultados, como no caso acima.

O resultado encontrado pelo G2 apresenta um valor favorável, representa que aproximadamente 8,25% da energia térmica emitida pela lâmpada é irradiada para o meio externo (laboratório). Comprova-se, assim, que o cômodo representa um sistema fechado, mas não isolado, pois permite trocas de calor entre o cômodo e o ambiente externo.

Após a verificação das atividades, os encontros com os alunos na escola se deram apenas para a realização das provas, o que impediu que pudéssemos discutir os resultados. Dos alunos que participaram efetivamente das aulas (tanto na Moodle quanto em sala de aula), todos já haviam conseguido nota suficiente para “passar de ano”, tanto na disciplina de Física quanto em outras. Assim, esses alunos não voltaram à escola após a realização das provas bimestrais. Os alunos que continuaram indo à escola, para as aulas de recuperação, não haviam participado efetivamente do projeto, tanto na Moodle quanto em sala de aula. Muitos deles, mesmo estando em sala de aula, não quiseram participar das votações dos TC usando os *flashcards* e nem das atividades envolvendo os experimentos. Sendo assim, não foi viável fazer a análise posterior da aplicação da metodologia, presencialmente.

De qualquer forma, essa informação mostra que os alunos mais engajados nas aulas possuem maiores probabilidades de sucesso escolar e reforça a nossa concepção de que é importante buscar envolver os estudantes nas atividades de aprendizagem com propostas metodológicas semelhantes à que utilizamos.

Como ainda tinha contato com os alunos via *WhatsApp*, pedi novamente que respondessem ao questionário de avaliação final, principalmente para que eu soubesse a opinião deles a respeito do desenvolvimento das aulas com o uso das novas metodologias (Apêndice B). Apesar da minha insistência, apenas 4 alunas responderam ao questionário.

Os alunos que responderam ao questionário avaliaram que o uso dos materiais prévios de leitura e os *flashcards* facilitaram o entendimento do conteúdo, não apontando nenhum ponto negativo.

A5: O uso dos flashcards foi importante para que os alunos se interessassem mais nas aulas por ser algo um pouco diferente do que estamos acostumados e ajudou bastante na participação de todos.

A6: *Foi uma ótima maneira para que todos interagir-se e cada um ter uma resposta pessoal.*

A15: *Acho que com esses novos métodos, as aulas se tornam mais interessante.*

A20: *É uma melhora para nós aprendemos sem dificuldades.*

Em relação à utilização do experimento remoto, os alunos informaram que a utilização do mesmo auxiliou bastante na compreensão dos conceitos relacionados à calorimetria, mas ao mesmo tempo, alegaram ter tido dificuldade em fazer os cálculos. A aluna A5 afirmou “Tive dificuldade em boa parte do experimento por causa dos cálculos.”, enquanto a aluna A6 afirmou que teve “dificuldade para achar cada valor específico de cada fração”.

Os alunos também redigiram a respeito das vantagens que eles poderiam elencar a respeito da utilização das metodologias.

A2: *Gostei muito desses métodos que a professora Lorena usou com a gente, nunca tinha passado por essas experiências. Foram experiências que ajudaram bastante a entender um pouco da física. De todos os experimentos o que eu mais gostei foi o das atividades semanais que tinha um vídeo aula.*

A6: *Esta foi uma maneira que facilitou os estudos pois possibilitou que aprendêssemos a matéria pelo celular, de uma maneira rápida e fácil. As melhores coisas foi que tivemos a oportunidade de discutir e aprender a matéria quanto no celular e em sala de aula.*

Não foram apontados pontos negativos. Ao solicitar propostas de melhorias para futuras aplicações, também não foi colocada nenhuma observação, os alunos sugeriram que a forma como foi trabalhada foi suficiente.

Apesar de apenas 4 alunos terem respondido o questionário final, esses que o fizeram foram alunos que participaram efetivamente durante as aulas, responderam às TL na Moodle e estavam presentes em quase todas as aulas. Sendo assim, a opinião desses estudantes é essencial para verificarmos a viabilidade de futuras aplicações.

3.13.2. Análise dos Objetivos de Aprendizagem

Em relação aos objetivos de aprendizagem, delineados no Quadro 5, podemos verificar que a maioria deles não foi atingido em sua totalidade e que outros não puderam ser verificados durante a aplicação da sequência didática.

O objetivo A (Motivar a participação dos estudantes) foi atingido parcialmente e pode ser percebido pela participação efetiva de 14 alunos em todas as atividades da plataforma

Moodle. Esses alunos participaram da maioria das aulas e realizaram todas as atividades propostas (exceto os cálculos referentes ao experimento remoto, realizado por um grupo de 5 alunos). Consideramos que esses alunos conseguiram atingir também o objetivo O (Promover autonomia do estudante no processo de ensino-aprendizagem), pois estiveram sempre se comunicando com a professora (tanto em sala de aula quando pelo WhatsApp), para sanar dúvidas.

Os objetivos C (Desenvolver o pensamento crítico), E (Desenvolver a habilidade de argumentar), G (Desenvolver a habilidade de trabalhar em grupo) e L (Perceber os conceitos físicos envolvidos em situações cotidianas) puderam ser percebidos entre as aulas 4 e 10, em que a maioria dos alunos presentes participou das discussões e fez questionamentos. Durante a aula 4, o aluno A19 questionou a respeito do choque elétrico, evidenciando o objetivo E. Os TC que exigiram uma segunda votação demonstraram que o objetivo G colaborou para a promoção de outros objetivos, como o C, D (Desenvolver a capacidade de solucionar problemas) e O.

O experimento *hands on* realizado na aula 8 colaborou para a aquisição dos objetivos F (Desenvolver a habilidade de manipular experimentos), G, H (Desenvolver a habilidade de formular hipóteses), J (Desenvolver a observação de fenômenos físicos, bem como sua compreensão), L e O. Mesmo sem o roteiro pronto, como a maioria das atividades experimentais é realizada, os alunos desenvolveram a atividade experimental sem maiores dificuldades. Todos os alunos presentes realizaram a atividade auxiliando de alguma forma, não percebemos nenhum aluno ocioso durante a realização do experimento.

Em relação ao experimento remoto, esperávamos que os objetivos B (Despertar o interesse do estudante pelo tema), C, D, F, G, H, I (Desenvolver a habilidade de realizar cálculos matemáticos), J, K (Desenvolver as habilidades de construir e analisar gráficos), L, M (Desenvolver as habilidades de manipular e analisar dados experimentais), N (Desenvolver a habilidade de inferir sobre resultados matemáticos) e O pudessem ser observados. Ou seja, o experimento remoto contempla a maioria dos objetivos de aprendizagem esperados para a promoção da aprendizagem ativa. Entretanto, os objetivos esperados foram observados parcialmente.

Inicialmente os alunos apresentaram dificuldade em compreender como realizar as medições do experimento remoto, mas após o envio do roteiro todos conseguiram fazê-lo, abrangendo o objetivo F.

Como todos os grupos entregaram os gráficos, consideramos que o objetivo K foi atingido parcialmente, pois além da construção, deveria ser realizada a análise do mesmo.

Como as respostas dos grupos às perguntas referentes ao gráfico foram vagas, a análise gráfica ficou comprometida. Mesmo assim, a construção do gráfico foi um ponto positivo da aplicação, porque muitos alunos estavam com dúvidas e não conseguiam fazê-lo, mas com o auxílio do roteiro conseguiram.

Esse fato demonstra que, apesar dos alunos estarem o tempo todo conectados à internet, utilizando aplicativos e outros softwares, o domínio das TICs está limitado aos programas que lhes são de interesse. Mesmo com a facilidade tecnológica que a maioria dos alunos apresenta, foi necessário ensinar como utilizar o programa Microsoft Excel para a construção dos gráficos.

Os objetivos I e N ficaram comprometidos, em virtude de apenas um grupo ter realizado o cálculo da potência térmica irradiada para o meio externo. Além disso, o cálculo realizado pelo grupo apresenta falhas conceituais, como a falta de unidades de medida e uma análise física do resultado. Entretanto, devemos levar em consideração que os integrantes desse grupo se comunicaram com a professora via WhatsApp, quando estavam reunidos, fora do horário de aula, para tirar dúvidas e pedir ajuda na resolução. Então, mais uma vez os objetivos D, E e O podem ser salientados nessa situação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise realizada ao longo do Capítulo 3, podemos perceber que a inserção de novas metodologias de ensino, aliadas ao uso da experimentação remota é um desafio. Vários fatores devem ser levados em consideração ao buscar tais mudanças no processo de ensino-aprendizagem e a busca por soluções é imperativa.

Promover a aprendizagem ativa é um desafio por parte dos professores que tentam fazê-lo, pois os alunos estão acostumados a aulas com características apenas transmissivas, em que o professor fala e o aluno apenas ouve e faz anotações. A mudança de postura do aluno em sala de aula deve ser o principal fator a ser trabalhado pelo professor.

Não foi possível viabilizar plenamente a aprendizagem investigativa diante da postura apresentada pelos estudantes, a qual foi construída historicamente em uma concepção de aula que privilegia o silenciamento do aluno e reforça a sua atitude de espera pela enunciação dos novos conhecimentos pelo(a) professor(a).

Durante a aplicação da metodologia, verificamos que a partir da terceira aula os alunos já estavam se acostumando a fazer a leitura prévia do material e já esperavam que suas respostas às tarefas de leitura fossem discutidas em sala de aula, ainda que anonimamente. A

participação dos alunos nas discussões também ficou evidente após algum tempo. Entretanto, a participação ficou limitada a um grupo de alunos (cerca de 10 alunos) que sempre respondiam às perguntas feitas em sala de aula. Ou seja, nem todos os alunos se sentiram à vontade, ou talvez interessados, em responder aos questionamentos.

Para o professor, o uso das tarefas de leitura facilitou a montagem da aula dialogada, pois saber os pontos em que os alunos apresentam maiores dificuldades faz com que a aula seja mais específica para saná-las. De qualquer maneira, o professor que utiliza essa metodologia deve ter um amplo conhecimento sobre os assuntos que serão trabalhados, principalmente para conseguir perceber essas dificuldades em suas leituras.

Diversas dificuldades apresentadas pelos estudantes possuíam relação direta à incompreensão dos textos apresentados, o que reforça a importância do uso das TL para a ampliação do vocabulário e da compreensão de textos por parte dos estudantes.

O acesso à internet é também um ponto a ser analisado ao utilizar o Ensino sob Medida. Algumas escolas não oferecem esse acesso aos alunos (como na escola onde foi realizada a aplicação), o que se configura como um fator comprometedor do sucesso de sua utilização. Entretanto, como a maioria dos alunos possui acesso à internet via celular ou computador em casa, essa estratégia ainda contribui para a extensão do espaço de aprendizagem para além do espaço físico da sala de aula, promovendo aumento de oportunidades para aprender.

Durante a aplicação, os alunos relataram que os materiais que apresentavam vídeos eram mais fáceis de serem entendidos, principalmente quando os autores faziam relações com o cotidiano. Isso se deve ao fato de que a maioria dos alunos está acostumada a assistir vídeo-aulas dos mais diversos conteúdos escolares. Mais uma vez, o professor deve estar atento ao escolher esse material, pois vídeos muito longos (com mais de 10 minutos de duração) se tornam maçantes e desinteressantes, se aproximando do formato de aula tradicional que os alunos já estão acostumados.

Mesmo com a utilização de vídeos, é importante que o professor também elenque materiais de leitura, como textos científicos e slides. Isso porque cada aluno aprende de uma forma diferente, alguns aprendem melhor lendo textos, outros assistindo vídeos e outros discutindo com algum colega. Utilizar sempre os mesmos meios acaba substituindo a aula tradicional por um material que mantém as mesmas características. O aluno deve ser surpreendido, ser exposto a situações diferenciadas e perceber que a internet pode sim ser uma aliada aos estudos.

O uso da experimentação remota permitiu abordar conceitos físicos mais próximos ao mundo real e que normalmente são preteridos no currículo escolar.

A manifestação do aluno A22 pela realização de mais atividades experimentais para ver “as coisas acontecerem de verdade” manifesta a necessidade que possuem para observar eventos e fenômenos reais. Das falas dos estudantes nas discussões relacionadas ao experimento remoto, percebe-se que o uso do experimento permitiu ao aluno relacionar mais facilmente os conceitos e situações abstratas aprendidas na teoria com os eventos e fenômenos físicos reais, atribuindo mais significado ao que está sendo aprendido. As associações e exemplificações apresentadas pelos estudantes tiveram origem em fatos observados por eles no cotidiano e na experimentação e não em equações ou definições teóricas.

Esse fato indica, ainda, que as atividades experimentais são bem-vindas durante a elucidação de conceitos, nas aulas teóricas, e não devem ficar restritas a alguns momentos pontuais no laboratório didático.

Entretanto, a maioria dos alunos não conseguiu realizar os cálculos e nem formular hipóteses para as perguntas relacionadas ao experimento remoto, reforçando a conclusão de que o aspecto investigativo da metodologia proposta ficou aquém da desejada.

Durante a aplicação da metodologia, o estudo não aconteceu de forma contínua, devido a paralisações e eventos que ocorreram na escola, fazendo com que os alunos passassem até 2 semanas sem ter aula de Física. Essa instabilidade prejudicou o andamento das aulas, porque os alunos se esqueciam de fazer as atividades e/ou deixavam para fazê-lo momentos antes do encerramento do tempo.

Outro fator que contribuiu para a não realização dos cálculos está no fato de que os alunos estão adaptados a receber uma equação, verificar as variáveis que foram fornecidas e em seguida substituir os valores para encontrar um resultado. No caso da equação que utilizamos, os alunos deveriam fazer uma análise mais detalhada das variáveis, fazer cálculos anteriores antes de simplesmente “jogar na fórmula”. A análise do resultado, do que o valor encontrado representa fisicamente, juntamente com as unidades de medida, também devem ser levadas em consideração e isso não foi realizado.

Em relação aos fatores que percebemos que devem ser melhorados para as próximas aplicações dessa sequência didática, podemos elencar:

- aprimorar dos testes de leitura, com perguntas mais objetivas, para que o professor consiga avaliar de maneira mais precisa as dificuldades dos alunos;
- procurar motivar mais os alunos, para que um maior número deles participe das aulas;

- utilizar um sistema de votação eletrônica (como os *clickers* ou o aplicativo *XQuestion*, em que o aluno possa também especificar o nível de confiança na alternativa escolhida. Um dos maiores problemas ao se usar os *flashcards* é não obter o *feedback* imediato dos alunos quanto à sua certeza ao escolher uma resposta, além do fato do processo ser mais demorado com o uso desse material;

- melhorar o ambiente virtual de aprendizagem, garantindo que a comunicação com os alunos aconteça por ele, evitando o uso de outros meios para tal fim;

- elencar um maior número de problemas numéricos às aulas, não apenas os testes conceituais, para auxiliar o desenvolvimento matemático dos alunos e buscar que eles não tenham dificuldade ao fazer o estudo do experimento remoto;

- introduzir o uso do aparato experimental em diversos momentos nas aulas teóricas, para melhorar a compreensão dos conceitos, eventos e fenômenos pertinentes à calorimetria;

- estimular a aprendizagem investigativa com propostas de construção de hipóteses sobre o que será esperado observar na realização da experimentação remota e com a testagem dessas hipóteses experimentalmente;

- acrescentar uma aula de planejamento, conjuntamente com os alunos, de procedimentos a serem adotados para a utilização do experimento remoto e, principalmente, auxiliá-los com os cálculos necessários.

Acreditamos que esses aperfeiçoamentos possam melhorar a aquisição dos conhecimentos propostos nos objetivos da nossa sequência didática, bem como uma maior participação dos alunos.

Apesar das dificuldades encontradas e da proposição de melhorias elencadas acima, em vários momentos da aplicação da sequência didática, pudemos perceber a sua validade. Uma situação em que isso foi percebido ocorreu durante a aplicação do Enem (Exame Nacional do Ensino Médio). Muitos alunos da turma fizeram a prova e, logo após deixarem o local de prova, uma aluna enviou uma mensagem pelo *WhatsApp* relatando que haviam duas questões relacionadas à troca de calor na prova, e que ela acreditava ter acertado a duas. Ainda relatou que “tava igualzinho aquele exemplo que a senhora falou, do copo de alumínio e do copo de vidro, lembra? Que é melhor usar um copo de vidro porque ele é isolante e o alumínio não.”. A questão à qual a aluna se refere trata da taxa de transferência de calor entre o gelo e dois corpos compostos por substâncias diferentes, o alumínio e o vidro; o objetivo da questão era analisar para qual das substâncias essa taxa de transferência seria maior. Pedi que a aluna me enviasse a questão para que eu pudesse verificar qual era a resposta correta. Após

analisar a questão, enviei a resposta e vários alunos comentaram ter acertado, comentando até que acharam a questão fácil.

Outro fator relevante foi a relação professor-aluno, que pode ser fortalecida com a utilização de metodologias de aprendizagem ativa. Foi perceptível que os alunos se sentiam mais à vontade para dialogar com a professora durante as aulas, para fazer perguntas e propor situações, algo que não acontecera nos bimestres anteriores.

De maneira geral, a aplicação de novas metodologias que promovam a aprendizagem ativa e a inserção da experimentação remota ainda deve ser melhorada. As mudanças devem ocorrer em vários aspectos, mas principalmente na ressignificação das aulas de Física. O modelo de aula tradicional já não é suficiente para atingir o interesse dos alunos, que estão o tempo todo utilizando tecnologias. Entretanto, fazer uso das tecnologias sem se preocupar em definir estratégias e escolher uma metodologia eficiente pode fazer com que o ensino continue acontecendo de forma transmissiva, apenas passando o papel do professor em sala de aula para o celular ou computador.

O professor deve atuar como motivador, tutor e auxiliar o aluno a obter o conhecimento. Um grande desafio da aprendizagem ativa é fazer com que o aluno perceba a necessidade de saber aquele conteúdo, fazendo com que ele se interesse e se motive a buscar o conhecimento.

A sequência didática apresentada nesse projeto de pesquisa é uma forma de modificarmos a maneira como a Física é ensinada atualmente, inserindo componentes tecnológicas e de interesse do aluno. Esse é apenas o início de muitas mudanças que ainda devem ser realizadas, tanto no currículo de Física, quanto no de outras disciplinas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, V. N. **O caso Plutão e a natureza da ciência**: uma proposta para os alunos do ensino médio. 205 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis; v. 30, n. 2, ago. 2013, p. 362-384.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, P. M. A. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BAPTISTA, M. L. M. **Concepção e implementação de atividades de investigação**: um estudo com professores de física e química do ensino básico. (Tese de doutoramento), cap. 4, 2010. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10451/1854>>. Acesso em 08 ago. 2015.

BRANSFORD, J. D.; BROWN, A. L.; COCKING, R. R. **How people learn: Brain, mind, experience, and school**. Washington, D.C.: National Academy Press, 2000.

BRASIL, Secretaria da Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em 10 abr. 2015.

_____. Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC, 2012. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=293&Itemid=358>. Acesso em 10 abr. 2015.

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação Remota Em Atividades De Ensino Formal: Um Estudo A Partir De Periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8 n. 2, 2008.

CENSO ESCOLAR. Resultados do Censo Escolar, in **Portal QEdu**, ed, 2011. Disponível em: <http://www.qedu.org.br/brasil/censo-escolar>. Acesso em 05 jan 2017.

FARIAS, P. A. M.; MARTIN, A. L. A. R.; CRISTO, C. S. Active Learning in Health Education: Historic Background and Applications. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Rio de Janeiro, v. 39, n. 1, p. 143-150, mar. 2015. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-55022015000100143&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em 10 jan. 2017.

FERRAZ, A. P. C. M.; BELHOT, R.V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**. São Carlos; v. 17, n. 2, p. 421-431, jan. 2010.

GAVRIN, A. et al. Just-in-Time Teaching (JiTT): using the web to enhance classroom learning. **Computers in Education Journal**. Port Royal, v. 14. P. 51-60, 2004.

HUITT, W. Bloom et al.'s taxonomy of the cognitive domain. **Educational Psychology Interactive**. Valdosta, GA: Valdosta State University. 2011. Disponível em <<http://www.edpsycinteractive.org/topics/cognition/bloom.html>>. Acesso em 10 jan. 2017.

KRATHWOHL, D. R. A revision of Bloom's taxonomy: an overview. **Theory in Practice**, v. 41, n. 4, p. 212-218, 2002.

LIMA, J. P. C; SILVA, J. B. Utilização da Experimentação Remota Móvel em Disciplina de Física do Ensino Médio. **International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning (ICBL)**, p. 255-260, 2013. Disponível em: http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution85_a.pdf. Acesso em: 20 mai 2015.

MARENGÃO, L. S. L. **Os Três Momentos Pedagógicos e a elaboração de problemas de Física pelos estudantes**. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2012.

MAZUR, E. **Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SIMKINS, S; MAIER, M. (Eds.). **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy** Just-In-Time Teaching. 1. Ed. Sterling: Stylus Publishing, p. 39-62, 2010.

MORAES, M. C. O paradigma educacional emergente: implicações na formação do professor e nas práticas pedagógicas. **Em Aberto**, Brasília, v. 01, p. 57-69, 1996.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.

MÜLLER, M. G. **Metodologias interativas de ensino na formação de professores de Física: Um estudo de caso com o Peer Instruction**. 226 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

NOVAK, G. M. Just-in-time teaching. **New Directions for Teaching and Learning**, v. 2011, n. 128, p. 63-73, 2011. Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/tl.469/full>>. Acesso em 24 mai. 2016.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio**. 233 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

PATTERSON, E. T. Just-in-time teaching: technology transforming learning: a status report. **American for the Advancement of Science**, 2005. Disponível em <<http://itari.in/categories/justintimelearning/Just-In-TimeTeaching-Research.pdf>>. Acesso em 25 mai. 2016.

PRINCE, M. Does Active Learning Work? A Review of the Research. **Journal of Engineering Education**, vol. 93 (3), pp. 223-231. 2004.

SILVA, J. B. **A Utilização Da Experimentação Remota Como Suporte Para Ambientes Colaborativos De Aprendizagem**. 196 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Gestão do Conhecimento da Universidade). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

SILVA, J. G. A.; PEIXOTO, M. A. P.; JERÔNIMO, I. O “Pensamento Reflexivo” de Dewey e a influência no processo ensino-aprendizagem: aplicações nas ciências da saúde. **IV ENECiências**, Brasil, ago. 2014. Disponível em: <<http://www.ivenecienciasubmissao.uff.br/index.php/ivenecienciasubmissao/eneciencias2012/paper/view/328>>. Acesso em 14 jun. 2015.

SILVA, N. V. **Estudos para uma métrica de aprendizagem do curso Domus-Procel Edifica: integrando mapas conceituais e taxonomia revisada para um sistema inteligente de avaliação na web**. 112 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Educação). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2013.

SILVA, R. S.; FONSECA, F. A.; SANTOS, G. F.; MARCELINO, R. Aplicação da Experimentação Remota à Comunidade Quilombola Tocantinense. **International Conference on Interactive Computer aided Blended Learning (ICBL)**, p. 315-320, 2013. Disponível em: http://www.icbl-conference.org/proceedings/2013/papers/Contribution85_a.pdf. Acesso em: 20 mai 2015.

SOUZA, C. A.; BASTOS, F. P. Um ambiente multimídia e a resolução de problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 12, n. 3, p. 315-332, 2006.

VICHINSKY, W. G. **A utilização dos tablets na aprendizagem ativa buscando o aprimoramento as competências exigidas no ENEM**. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Cruzeiro do Sul. São Paulo, 2014.

VIEIRA, A. S. **Uma alternativa didática às aulas tradicionais: o engajamento interativo obtido por meio do uso do método Peer Instruction (Instrução pelos Colegas)**. 235 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ensino de Física). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011. Disponível em: <<http://www.portal.fae.ufmg.br/seer/index.php/ensaio/article/download/309/715>>. Acesso em 20 ago. 2015.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Questionário de Identificação da Cultura Digital

Identificação da Cultura Digital

Este questionário visa identificarmos a sua relação com as tecnologias de informação e comunicação. Por favor, responda com sinceridade e envie sua resposta ao final.

1. Nome completo.

2. Você possui computador conectado à internet?

- Sim
- Não

3. Que tarefas você mais realiza no computador? (Marque todas que se aplicam)

- Conectar a internet
- Elaborar textos
- Realizar programação computacional
- Elaborar apresentações
- Jogar
- Assistir filmes
- Ouvir músicas
- Não possuo computador
- Outro: _____

4. Com que frequência você utiliza o computador?

- a cada hora
- a cada período do dia (manhã, tarde ou noite)
- diariamente
- semanalmente
- mensalmente
- não acesso

5. Você possui smartphone com acesso à internet?

- Sim
- Não

6. Com que frequência você utiliza o smartphone?

- a cada hora
- a cada período do dia (manhã, tarde ou noite)
- diariamente
- semanalmente
- mensalmente
- não acesso

7. Qual o uso mais frequente que você faz da internet?

- Acessar sites de notícias
- Acessar sites de busca

- Acessar sites de vídeos
- Utilizar redes sociais
- Ler e enviar e-mail
- Copiar filmes
- Copiar músicas
- Não acesso
- Outro: _____

8. Quais das tecnologias de informação e comunicação abaixo você utiliza regularmente? (Marque todas que se aplicam)

- Facebook
- WhatsApp
- Messenger
- E-mail
- Twitter
- Instagram
- Snapchat
- Outro: _____

9. Em que locais você mais pesquisa temas científicos na internet? (Marque todas que se aplicam)

- Sites gerais
- Sites de universidades
- Sites ou blogs de divulgação científica
- Sites de revistas científicas
- Não realizo pesquisas científicas

10. Que tipo de conteúdo científico você mais busca na internet?

- Textos
- Vídeos
- Simulações ou experimentos virtuais
- Experimentos remotos
- Jogos educativos
- Videoaulas
- Não pesquiso
- Outro: _____

11. Qual a sua opinião acerca do uso de tecnologias digitais para aprender Física?

- Concordo plenamente
- Concordo, com restrições
- Não tenho opinião formada a respeito
- Discordo, com restrições
- Discordo totalmente

12. Em que aspectos você acha que a tecnologia digital pode contribuir para o ensino científico?

13. Justifique a resposta anterior.

14. Em que aspectos você acha que a tecnologia não contribui para o ensino científico?

15. Justifique a resposta anterior.

16. Quais tipos de tecnologias digitais abaixo você prefere para o ensino científico? (Marque todas que se aplicam)

- Simulações computacionais
- Experimentos remotos
- Jogos digitais
- Blog
- Facebook
- Vídeos
- Apresentação multimídia
- Nenhuma
- Outro: _____

17. Qual a sua opinião acerca da utilização de celular em sala de aula para fins educacionais?

- Concordo plenamente
- Concordo, com restrições
- Não tenho opinião formada a respeito
- Discordo, com restrições
- Discordo totalmente

APÊNDICE B – Questionário de Avaliação Final

Questionário de avaliação final

Iniciamos o 3º bimestre utilizando metodologias de ensino-aprendizagem diferentes das que utilizamos nos outros bimestres. O objetivo desse formulário é saber a opinião de vocês a respeito dessas novas metodologias.

1. Nome completo.

2. No primeiro momento, vocês foram cadastrados na Moodle e faziam, semanalmente, leituras prévias do material a ser apresentado em sala de aula. Como você avalia a utilização dessa metodologia?

	1	2	3	4	5	
Não facilitou o entendimento do conteúdo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Facilitou o entendimento do conteúdo

3. Durante as aulas, utilizamos os *flashcards* (cartões de resposta) para que vocês pudessem responder aos testes conceituais. Como você avalia a utilização dessa metodologia?

	1	2	3	4	5	
Não facilitou o entendimento do conteúdo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Facilitou o entendimento do conteúdo

4. Escreva um pequeno parágrafo com os pontos que você considera positivos a respeito das tarefas de leitura e do uso dos *flashcards*.

5. Escreva um pequeno parágrafo com os pontos que você considera negativos a respeito das tarefas de leitura e do uso dos *flashcards*.

6. Como você avalia o experimento de baixo custo sobre os processos de propagação de calor?

	1	2	3	4	5	
Pouco útil para o entendimento do conteúdo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Muito útil para o entendimento do conteúdo

7. Como você avalia a realização do experimento remoto?

	1	2	3	4	5	
Tive muita dificuldade	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tive muita facilidade

8. Quanto você acha que o uso do experimento remoto auxiliou na compreensão dos conceitos relacionados à calorimetria?

	1	2	3	4	5	
Nada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Bastante

9. Relate as dificuldades encontradas por você para realizar os cálculos referentes ao aquecimento do cômodo.

10. Redija um pequeno parágrafo elencando os pontos positivos da utilização dessas novas metodologias em sala de aula. Destaque os pontos que você mais gostou durante os bimestres.

11. Redija um pequeno parágrafo elencando os pontos negativos da utilização dessas novas metodologias em sala de aula. Destaque os pontos que você menos gostou durante os bimestres.

12. Caso você não tenha entregue a última tarefa (os cálculos referentes ao aquecimento do cômodo), explique o motivo.

13. O que você acha que pode ser melhorado para as futuras aplicações dessas metodologias?

APÊNDICE C - Temo de Consentimento Livre e Esclarecido



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO PROFISSIONAL



Título do Projeto: Aprendizagem ativa por meio da experimentação remota: um estudo da calorimetria

Pesquisador Orientador: Dr. Eduardo Kojy Takahashi – professor titular do Instituto de Física (INFIS) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU)

Mestranda: Lorena Barbosa Rodrigues – mestranda e professora de Física

TERMO DE ESCLARECIMENTO

O adolescente sob sua responsabilidade está sendo convidado a participar do projeto Aprendizagem ativa por meio da experimentação remota: um estudo da calorimetria, por cursar a segunda série do ensino médio. Os avanços na área de ensino de ciências ocorrem através de estudos como este, por isso a participação do adolescente é muito importante. O objetivo deste estudo é incorporar novos métodos de ensino na disciplina de Física, utilizando recursos didáticos digitais, incluindo principalmente experimentos remotos que serão utilizados como ferramentas para o desenvolvimento conjunto (alunos e professora) do conteúdo de calorimetria. Caso o adolescente participe, será necessário filmar as aulas da turma em que o adolescente sob sua responsabilidade estuda. As filmagens serão realizadas no decorrer normal das aulas e preferencialmente sob dois ângulos. Não será feito nenhum procedimento que traga qualquer desconforto ou risco ao adolescente. A produção escrita do adolescente e as imagens em que ele estiver serão usadas apenas para pesquisa acadêmica e, após o período de cinco anos de terminada a pesquisa, elas serão destruídas ou poderão fazer parte de um banco de dados. Asseguramos, a qualquer tempo, o anonimato dos participantes e a não divulgação das imagens fora dos meios acadêmicos.

Você e o adolescente sob sua responsabilidade poderão obter todas as informações que quiserem; o adolescente poderá ou não participar da pesquisa e o seu consentimento poderá ser retirado a qualquer momento, sem prejuízo no seu atendimento. Pela participação do adolescente no estudo, nem você nem o adolescente receberão qualquer valor em dinheiro, mas haverá a garantia de que todas as despesas necessárias para a realização da pesquisa não serão de sua responsabilidade. O nome do adolescente não aparecerá em qualquer momento do estudo, pois ele será identificado por números, letras ou outro código.

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE, APÓS ESCLARECIMENTO

Título do Projeto: Aprendizagem ativa por meio da experimentação remota: um estudo da calorimetria

Eu, _____, li o esclarecimento e compreendi para que serve o estudo e qual o procedimento ao qual o adolescente _____ sob minha responsabilidade será submetido. A explicação que recebi esclarece os riscos e benefícios do estudo. Eu entendi que eu e o adolescente sob minha responsabilidade somos livres para interromper a participação dele na pesquisa a qualquer momento, sem justificar a decisão tomada e que isso não afetará o tratamento ou a vida escolar dele. Sei que o nome do adolescente não será divulgado, que não teremos despesas e não receberemos dinheiro por participar do estudo. Eu concordo com a participação do adolescente no estudo, desde que ele também concorde. Por isso ele assina junto comigo este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Uberlândia, / /.....

Assinatura do responsável legal

Documento de Identidade

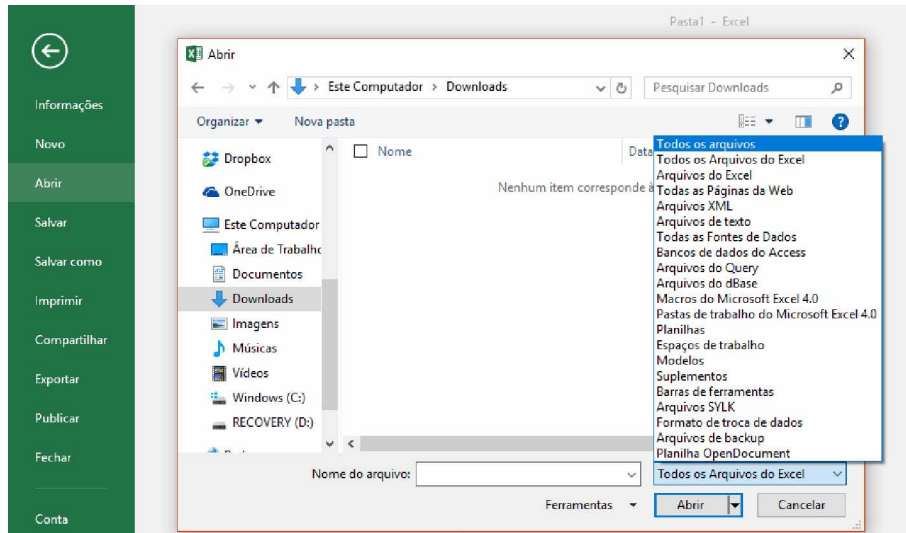
Assinatura do adolescente

Documento de Identidade (se possuir)

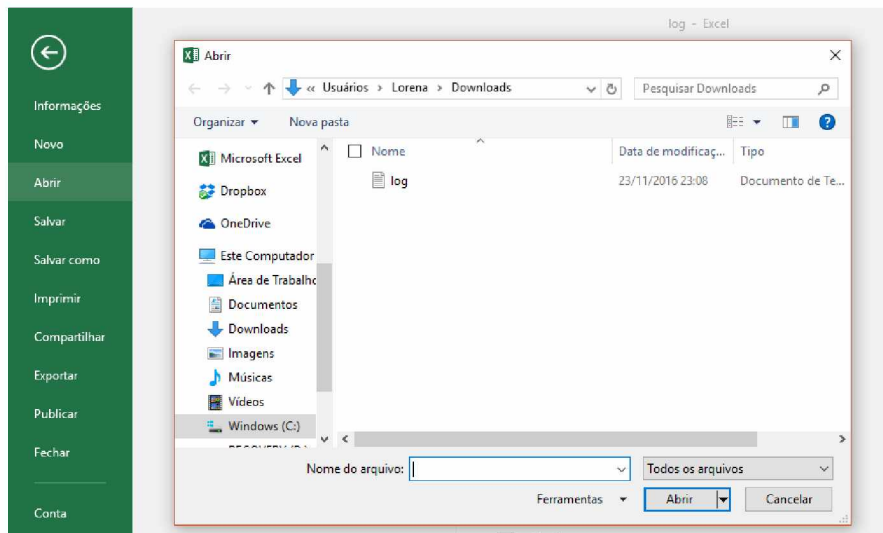
Assinatura do pesquisador orientador

APÊNDICE D - Roteiro para Confeção de Gráfico no Excel

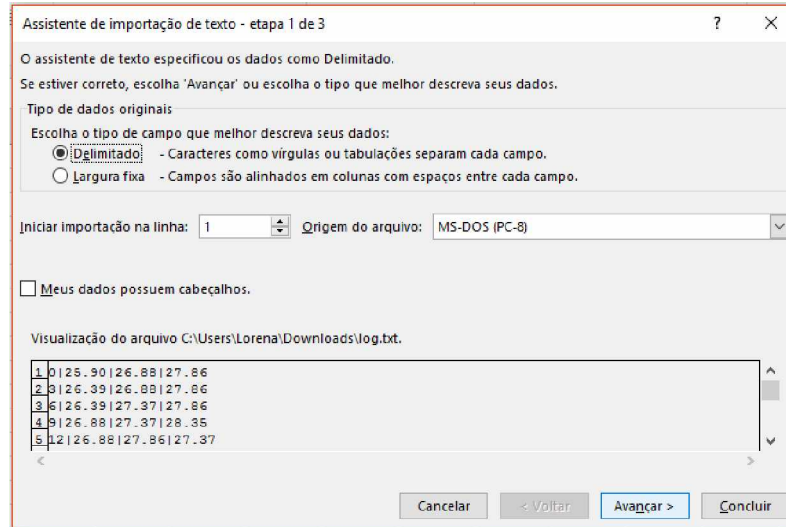
1. Abra o programa Microsoft Excel.
2. Na barra de ferramentas, clique em Abrir. Selecione a opção “todos os documentos” para que o arquivo *log.txt* apareça na lista.



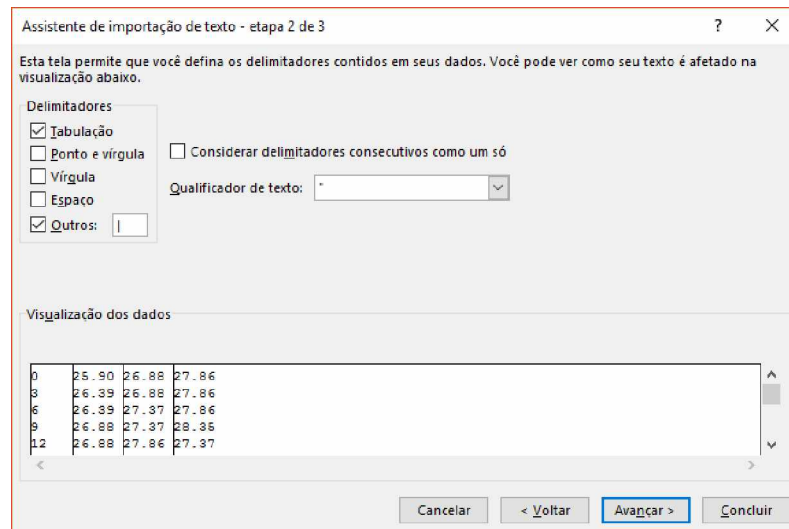
3. Selecione o arquivo *log.txt* e clique em “Abrir”.



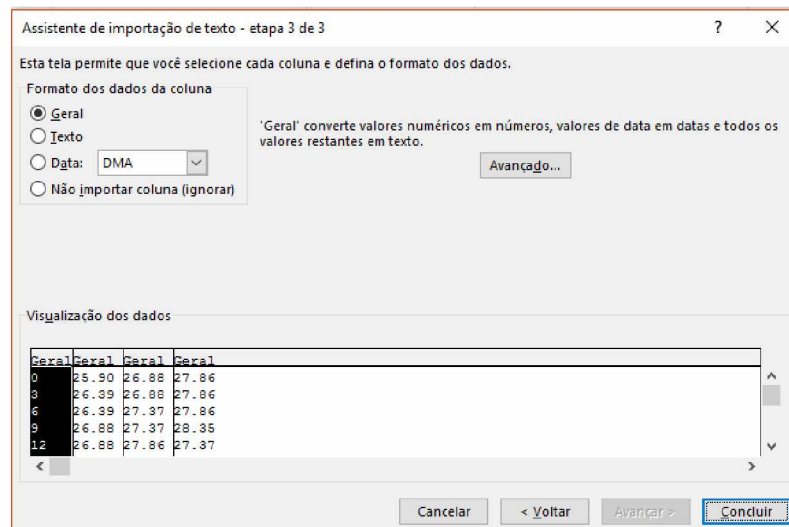
4. Em seguida, uma tela de Assistente de importação de texto aparecerá na tela, clique em “Avançar”.



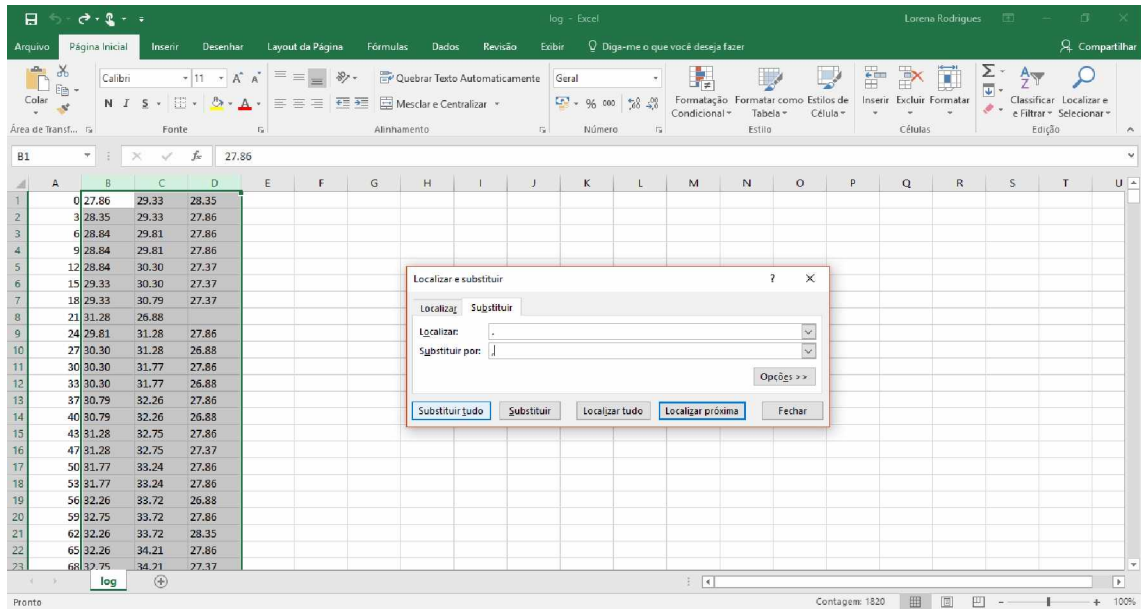
5. Na tela seguinte, marque a opção “Outros” e insira o marcador | no seu teclado. Clique em “Avançar”.



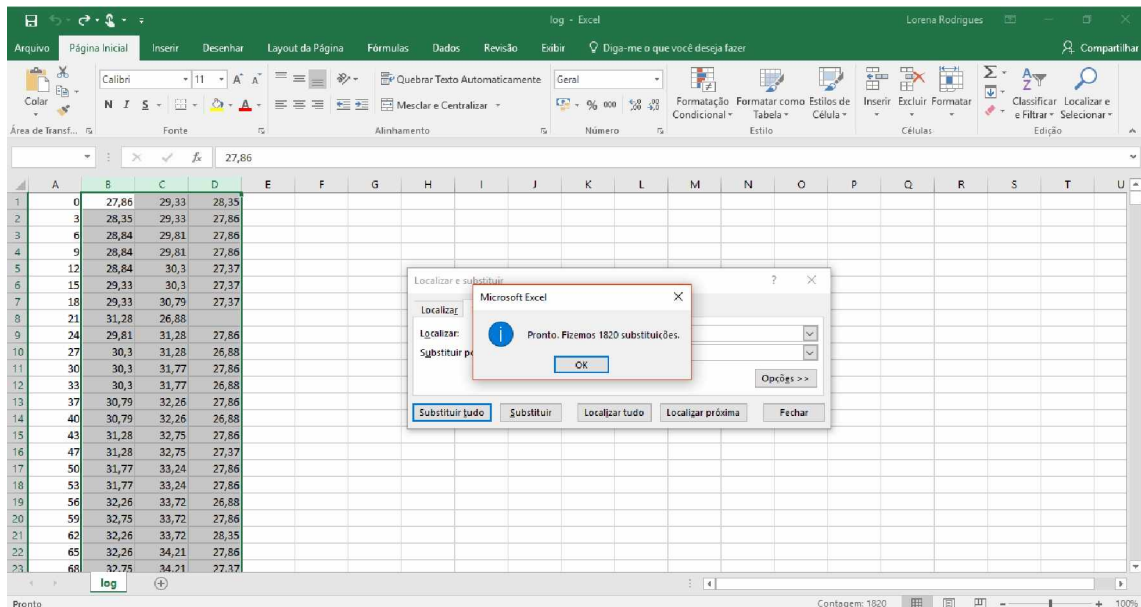
6. Na tela seguinte, clique em “Concluir”.



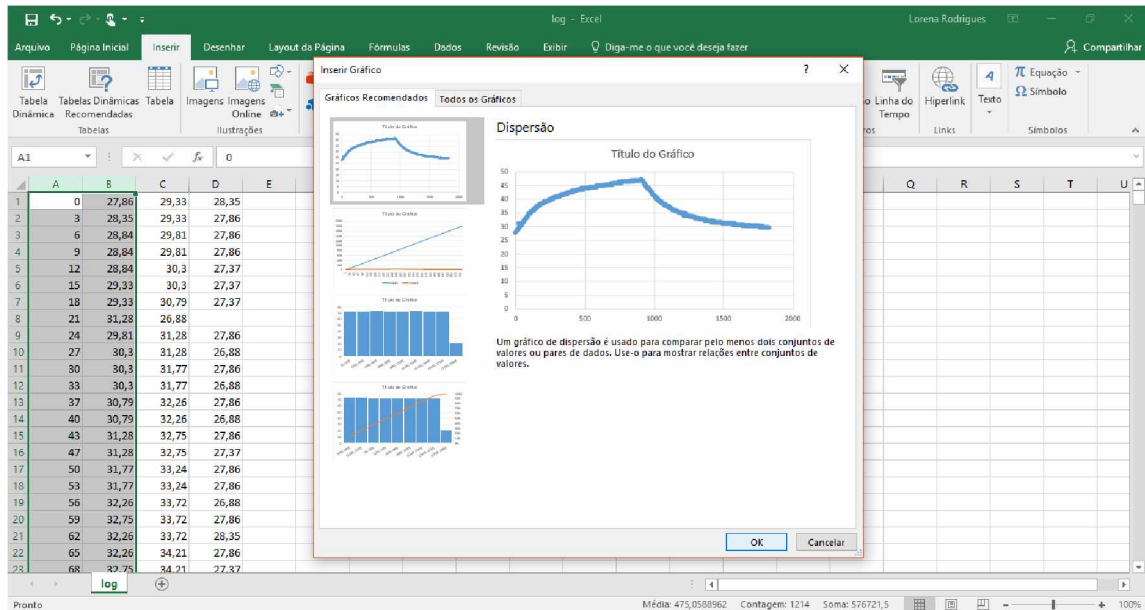
7. Selecione as colunas B, C e D e clique no botão “Localizar e Selecionar”, na barra de ferramentas. Em seguida, clique na opção “Substituir”. No campo “Localizar” digite . (ponto final) e no campo “Substituir” digite , (vírgula). Clique no botão “Substituir tudo”.



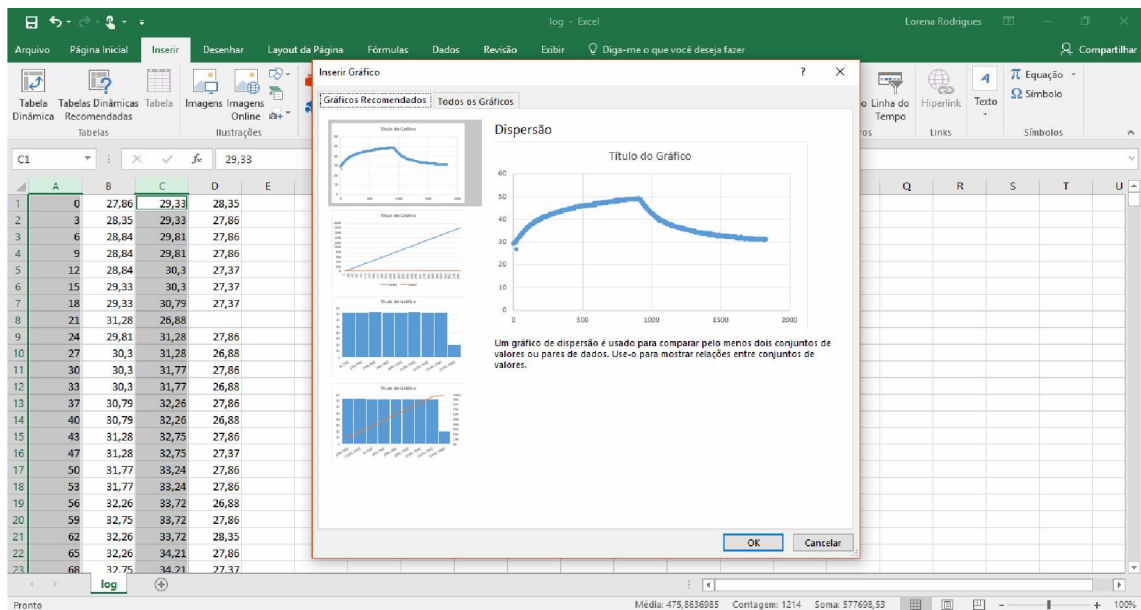
8. Aparecerá uma informação de confirmação, clique em “Ok”. Em seguida clique no botão “Fechar”.



9. Selecione as colunas A e B e clique na aba “Inserir”, botão “Inserir gráfico” e escolha o gráfico de dispersão.



10. Selecione as colunas A e C e repita o passo 9, fazendo outro gráfico (os dois gráficos serão utilizados, não exclua o anterior!).



11. Cada gráfico representa um dos sensores. Vocês podem alterar o nome no gráfico, colocar o que representa a linha horizontal (intervalo de tempo) e vertical (temperatura do cômodo).
12. Tragam os gráficos para a aula, seja como imagem no celular ou impresso. Quem tiver notebook pode trazê-lo também.

APÊNDICE E – O Produto Educacional

AO LEITOR

Este material constitui uma proposta didática com a utilização de metodologias que promovam a aprendizagem ativa e com uso de experimentação remota, no estudo da Calorimetria.

As aulas foram planejadas de modo que os alunos adquiram autonomia no processo de ensino-aprendizagem e o professor seja um orientador, motivador e facilitador desse processo. O diálogo e a liberdade de expressão dos alunos em sala de aula devem ser levados em consideração ao se utilizar tais metodologias, promovendo um ambiente em que o estudante se sinta à vontade para participar.

A sequência didática apresentada prevê a utilização de tecnologias da informação e comunicação (TIC) tanto em sala de aula quanto pelos estudantes em casa, portanto é necessário que o professor verifique a viabilidade de sua aplicação com antecedência.

Em primeiro lugar, será apresentada ao leitor uma breve explicação a respeito das metodologias Instrução pelos Colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM) e em seguida a sequência didática é descrita.

O Ensino sob Medida (EsM) e A Instrução pelos Colegas (IpC)

A metodologia intitulada *Just-in-Time Teaching (JiTT)*, em uma tradução livre Ensino sob Medida (EsM), foi proposta na década de 1990 pelo professor Gregor M. Novak e seus colegas Evelyn T. Patterson, Andrew D. Gavrin e Wolfgang Christian, com o objetivo de utilizar a tecnologia para melhorar a aprendizagem de ciências em sala de aula.

O EsM se baseia em fornecer aos estudantes um material de estudo prévio (material de leitura), que devem ser lidas antes de cada aula. Esse material pode ser composto por textos, vídeos, slides, simulações, ou qualquer outro recurso que o professor julgue ser compatível com o tema a ser abordado. Juntamente com esse material, o professor define perguntas (chamadas de Tarefas de Leitura – TL) sobre o conteúdo estudado, que devem ser respondidas pelos alunos e enviadas ao professor. O professor, antes da aula, lê as respostas dos alunos e prepara a sua explanação em sala de aula a partir dos conceitos que os alunos tiveram dificuldade em compreender.

O método *Peer Instruction (PI)*, em uma tradução livre Instrução pelos Colegas (IpC), foi proposto pelo Prof. Eric Mazur, da Universidade de Harvard (EUA), no início da década de 1990, com o objetivo de melhorar a participação dos alunos nas aulas expositivas e buscar a autonomia do mesmo no processo de ensino-aprendizagem.

De acordo com essa metodologia, o professor deve realizar uma breve explanação, no formato de aula dialogada, sobre o tema a ser estudado. Em seguida, apresentar aos alunos questões conceituais (chamadas de Testes Conceituais – TC), iniciando um sistema de votação. As questões devem ser do tipo fechadas, para que os alunos possam votar na alternativa que considerar correta. Essa votação pode ocorrer por meio de cartões respostas (*flashcards*) ou sistemas eletrônicos de votação, como aplicativos¹ de celular e *clickers*². Após a votação, o professor verifica a quantidade de acertos e:

- se 30% ou menos dos estudantes optarem pela resposta correta, o professor revisa os conceitos apresentados e depois realiza uma nova votação;
- se entre 30% e 70% dos estudantes acertarem a questão, o professor solicita que os alunos se dividam em pequenos grupos e discutam a questão, realizando uma nova votação posteriormente;
- se 70% ou mais dos estudantes acertarem a questão, o professor discute rapidamente a questão, apontando a resposta correta e apresenta um novo TC ou um novo tema.

Um diagrama esquemático a respeito da utilização das metodologias IpC e EsM está representado na Figura 1.

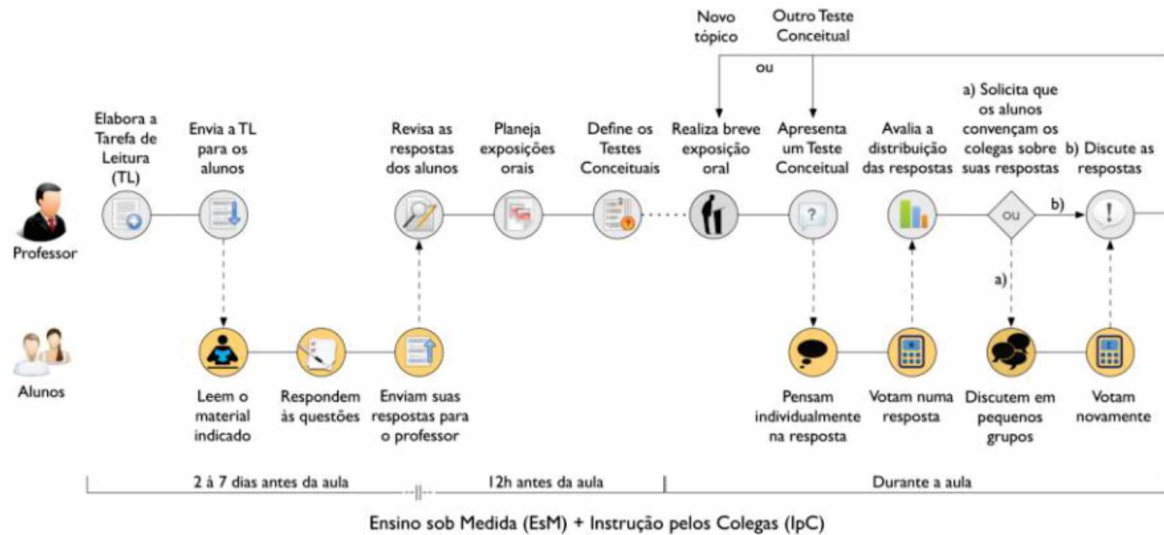


Figura 1 - Linha do tempo do EsM e do IpC.

¹ Aplicativo *XQuestion*, disponível para Android.

² Espécie de controle remoto sem fio que se comunica com o computador do professor para registrar as respostas dos estudantes.

O Aparato Experimental

O aparato experimental utilizado para estudar a calorimetria está montado no Nutec. O experimento se baseia em uma maquete de residência que permite o estudo quantitativo de diversas transformações de energia (Figura 2). O usuário pode visualizar, manipular e analisar transformações de energia elétrica em energias luminosa, sonora, mecânica e térmica e da energia mecânica em elétrica.



Figura 2 – Fase de montagem da maquete da residência.

A maquete apresenta quatro ambientes, que são: a sala, o quarto, a sauna e a academia de ginástica. Cada um dos cômodos apresenta características específicas a serem estudadas, sendo basicamente:

- Quarto: transformação da energia elétrica em energia luminosa.
- Sala: transformação da energia elétrica em energia luminosa, energia sonora e energia mecânica.
- Sauna: transformação da energia elétrica em energia luminosa e energia térmica.
- Academia de ginástica: transformação de energia mecânica em elétrica.

A fonte de energia que a casinha (maquete) recebe provém de uma placa fotovoltaica, que transforma a energia luminosa (proveniente de uma lâmpada halógena) em energia elétrica, a ser distribuída para todos os cômodos.

Para a realização desse trabalho, apenas o cômodo referente à sauna será investigado. Esse cômodo foi projetado para realizar o estudo da calorimetria, observando a transformação de energia elétrica em energia térmica e luminosa. Para isso, se encontra vedado frontalmente com uma placa de vidro (para que o usuário possa visualizar o interior por uma *webcam*) e foram colocados no seu interior uma lâmpada incandescente e dois sensores de temperatura posicionados em pontos distintos.

A lâmpada tem a função de aquecer o ambiente, cuja temperatura é obtida em dois pontos distintos, sendo visualizada em um mostrador instalado na parte externa da maquete (Figura 3).

O cronômetro pode ser disparado e travado pelo usuário e serve para a realização de gráficos da temperatura em função do tempo em estudos da potência térmica envolvida no processo de aquecimento do ambiente.



Figura 326 – Visor que apresenta os valores de temperatura medidos pelos sensores e o cronômetro.

Utilizando o experimento, será possível: discutir o processo de transformação da energia elétrica em energia luminosa e energia térmica, compreender o significado físico do calor, compreender e utilizar a capacidade calorífica e o calor específico de substâncias, compreender e utilizar a equação de troca de calor entre sistemas, discutir como obter a capacidade térmica de uma lâmpada, discutir a eficiência luminosa das lâmpadas incandescentes, calcular a quantidade de energia térmica emitida pela lâmpada a partir da variação de temperatura sofrida no ambiente e determinar a capacidade térmica do ambiente a partir da curva da temperatura em função do tempo.

O resultado das ações do usuário pode ser visualizado por um conjunto de *webcams*. Uma *webcam* está posicionada em frente ao cômodo, para permitir ao usuário verificar o funcionamento da lâmpada; outra *webcam* permitirá que o usuário acompanhe o valor da temperatura no cômodo, através de um display LCD.

A Sequência Didática

A sequência didática propõe 14 encontros (aulas presenciais) em sua utilização.

A aula 1 é destinada à apresentação das metodologias de ensino a serem utilizadas.

As aulas 2 a 7 propõe a utilização do EsM e do IpC, portanto o professor deve viabilizar o envio dos materiais de leitura aos alunos. Apresentamos os conceitos a serem trabalhados, as sugestões de material de leitura, das Tarefas de Leitura (TL) e dos Testes Conceituais (TC). Entretanto, é importante ressaltar que os TC devem ser escolhidos pelo professor, de acordo com a abordagem realizada em sala de aula. Os materiais aqui elencados servem como um guia, podendo ser modificados de acordo com a necessidade do professor. As respostas corretas às questões de múltipla escolha estão destacadas em vermelho.

A aula 8 sugere a realização de um experimento utilizando materiais de baixo custo para o estudo dos processos de propagação de calor. As aulas 9 e 10 se caracterizam por aulas investigativas. As aulas 11 a 14 destinam-se à manipulação do experimento remoto³ e a análise dos dados experimentais.

AULA 1

Na primeira aula, o professor deve apresentar aos alunos as metodologias de ensino EsM e IpC, para que os alunos compreendam como os temas serão trabalhados e o que é esperado que eles realizem. Os alunos precisam se sentir motivados a realizar as atividades extraclasse e participar das discussões em sala de aula, portanto, precisam conhecer do que se tratam esses métodos.

O professor também deve apresentar aos alunos o experimento remoto, pois o mesmo será utilizado em diversas aulas. O professor pode fornecer o link de acesso ao experimento remoto, para que os alunos possam manipulá-lo quando for conveniente.

AULA 2

Conceitos: Calor, Temperatura e Equilíbrio Térmico.

Materiais de Leitura:

- Texto histórico que reproduz a ideia de alguns cientistas sobre os conceitos de calor e temperatura. Disponível em:

http://www.if.ufrgs.br/mpef/mef008/mef008_02/Beatriz/historico.htm.

³ Disponível em <http://nutecrexlabs1.ufu.br/>.

- Vídeo didático que trata os conceitos de calor e temperatura, com uma breve análise histórica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=hwqzYidL-HQ>.

Sugestões

O professor pode utilizar as TL4 e TL5 como testes conceituais também, caso o número de acertos nessas questões no material de leitura não seja satisfatório.

Durante a discussão em sala de aula, recomendamos que o professor destaque que a forma como os conceitos temperatura e calor são utilizados no cotidiano nem sempre estão corretos. Por exemplo, quando usamos a expressão “Hoje está calor”, estamos nos referindo à temperatura e não ao calor.

TAREFAS DE LEITURA

TL1. Após a leitura do texto de apoio e a visualização do vídeo, você achou alguma coisa confusa?

- a) Sim
- b) Não

TL2. Em caso afirmativo da na questão 1, você poderia informar qual(is) parte(s) da tarefa de leitura você achou confusa?

TL3. Dentre os conceitos que você compreendeu, destaque aquele que achou mais importante.

TL4. (AFA-SP) Assinale a alternativa que define corretamente calor.

- a) Trata-se de um sinônimo de temperatura em um sistema.
- b) É uma forma de energia contida nos sistemas.
- c) É uma energia de trânsito, de um sistema a outro, devido à diferença de temperatura entre eles.
- d) É uma forma de energia superabundante nos corpos quentes.
- e) É uma forma de energia em trânsito, do corpo mais frio para o mais quente.

TL5. Assinale a alternativa que define de forma correta o que é temperatura:

- a) É a energia que se transmite de um corpo a outro em virtude de uma diferença de temperatura.
- b) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, menor será sua temperatura.
- c) Energia térmica em trânsito.
- d) É uma forma de calor.
- e) Uma grandeza associada ao grau de agitação das partículas que compõe um corpo, quanto mais agitadas as partículas de um corpo, maior será sua temperatura.

TESTES CONCEITUAIS

TC1. (Enem 2010) Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática. Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

- a) **A temperatura da água pode ficar constante durante o tempo em que estiver fervendo.**
 b) Uma mãe coloca a mão na água da banheira do bebê para verificar a temperatura da água.
 c) A chama de um fogão pode ser usada para aumentar a temperatura da água em uma panela
 d) A água quente que está em uma caneca é passada para outra caneca a fim de diminuir sua temperatura.
 e) Um forno pode fornecer calor para uma vasilha de água que está em seu interior com menor temperatura do que a dele.

TC2. Considere as afirmações a seguir:

- I. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma quantidade de calor.
 II. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, ambos possuem a mesma temperatura.
 III. Calor é transferência de temperatura de um corpo para outro.
 IV. Calor é uma forma de energia em trânsito.

Das afirmações acima, pode-se dizer que:

- a) I, II, III são corretas.
 b) I, II, III e IV são corretas.
 c) **II e IV são corretas.**
 d) II e III são corretas.

AULAS 3 E 4

Conceitos: Corrente, tensão e resistência elétricas; Circuitos simples; 1ª Lei de Ohm; Funcionamento das lâmpadas incandescentes e fluorescentes.

Material de Leitura:

- Vídeo do trecho de um episódio do programa *O mundo de Beakman*, explicando sobre o funcionamento das lâmpadas incandescentes, utilizando os conceitos de resistência, tensão e corrente elétricas. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DLg5lqC1qPA&feature=youtu.be>.

Sugestões

Sugerimos que nessa aula o professor utilize o experimento remoto para demonstrar o aquecimento de um ambiente pela lâmpada incandescente, solicitando que os alunos realizem o cálculo da potência elétrica da lâmpada e da potência térmica da mesma.

A tensão e a corrente fornecidas para a lâmpada são, respectivamente, 11,85V e 1,7A. O valor da potência pode ser calculado pela relação

$$P = U \cdot i \quad (\text{Equação 1})$$

em que

P: potência elétrica da lâmpada;

U: tensão elétrica;

i: corrente elétrica.

O valor encontrado na Equação 1 se refere à potência elétrica da lâmpada. Entretanto, de acordo com dados de fabricantes de lâmpadas incandescentes, cerca de 95% da potência é emitida na forma de energia térmica. Portanto, o valor da potência térmica da lâmpada deve ser 95% do valor encontrado.

TAREFAS DE LEITURA

TL6. De acordo com o vídeo, descreva o que você entendeu a respeito do funcionamento das lâmpadas incandescentes.

TL7. Descreva o que você entendeu a respeito dos conceitos de resistência e corrente elétrica.

TL8. Quais os tipos de energia que você conhece? Descreva todos que você lembrar.

TESTES CONCEITUAIS

TC3. A respeito do chuveiro elétrico, marque a alternativa correta:

a) O chuveiro elétrico converte energia elétrica em energia térmica, processo conhecido como Efeito Joule.

b) A posição inverno do chuveiro elétrico corresponde à situação em que a resistência elétrica atinge seu valor máximo.

c) O chuveiro elétrico converte energia térmica em energia elétrica, processo conhecido como Efeito Joule.

d) A posição verão do chuveiro elétrico corresponde à situação em que a resistência elétrica atinge seu valor mínimo.

e) Para um chuveiro elétrico conectado à uma tensão de 220V, quanto maior for a resistência elétrica, maior a corrente elétrica que o percorre.

TC4. (Enem - 2011) Um curioso estudante, empolgado com a aula de circuito elétrico que assistiu na escola, resolve desmontar sua lanterna. Utilizando-se da lâmpada e da pilha, retiradas do equipamento, e de um fio com as extremidades descascadas, faz as seguintes ligações com a intenção de acender a lâmpada:

GONÇALVES FILHO, A. BAROLLI, E. **Instalação Elétrica: investigando e aprendendo.** São Paulo,

Tendo por base os esquemas mostrados, em quais casos a lâmpada acendeu?

a) (1), (3), (6)
 b) (3), (4), (5)
 c) (1), (3), (5)
 d) (1), (3), (7)
 e) (1), (2), (5)

AULA 5

Conteúdos: Sistemas termodinâmicos e Efeito Estufa.

Materiais de Leitura:

- Texto sobre os tipos de sistemas termodinâmicos e fronteiras. Disponível em: <http://www.fq.pt/energia/189-sistema>.
- Vídeo educacional sobre o efeito estufa. Disponível em: http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/02_o_efeito_estufa/02_o_efeito_e_stufa.shtml.

Sugestões

O professor deve discutir o espectro eletromagnético para justificar a absorção e emissão dos raios solares no efeito estufa. O experimento pode ser usado novamente nesse momento, para discutir o tipo de sistema termodinâmico que ele representa e analisar como o fenômeno observado se assemelha ao do efeito estufa.

TAREFAS DE LEITURA

TL9. Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material.

TL10. O efeito estufa:

- a) é o único causador das alterações ambientais no planeta Terra.
- b) aquece a Terra durante o dia e a esfria durante a noite.
- c) é necessário para manter a temperatura do planeta.

TL11. Podemos afirmar que em um sistema aberto:

- a) **A fronteira deste sistema permite que haja troca de matéria e de energia entre o sistema e a vizinhança.**
- b) São permitidas trocas de energia com a vizinhança. Não existe troca de matéria com o exterior.
- c) A fronteira deste sistema não permite troca nem de matéria nem de energia com a vizinhança.

TL12. Uma caixa térmica (caixa de isopor, por exemplo), é um exemplo de fronteira:

- a) permeável.
- b) adiabática.
- c) **diatérmica.**
- d) nenhuma das anteriores.

TESTES CONCEITUAIS

TC5. Lanches conservados nas estufas (vitrines) de bares e lanchonetes não se queimam, apesar do aquecimento ficar constantemente ligado. Isso ocorre porque:

- a) A estufa funciona como uma geladeira ao inverso, tendo a sua temperatura interna controlada por dispositivos que ligam e desligam o sistema de aquecimento.
- b) **A estufa troca calor com o ambiente, o que não permite que a temperatura interna suba indefinidamente.**
- c) O tempo em que o alimento fica disposto no interior da estufa é insuficiente para que ele se queime.
- d) A estufa não troca calor com o ambiente, permitindo que sua temperatura interna permaneça constante.

TC6. (Enem) “Discutindo sobre a intensificação do efeito estufa, Francisco Mendonça afirmava:

A conservação do calor na Troposfera ocorre a partir da perda de energia da superfície terrestre. Esta, ao se resfriar, emite para a atmosfera radiações de ondas longas equivalentes à faixa do infravermelho, caracterizadas como calor sensível, que são retidas pelos gases de efeito estufa. O dióxido de carbono (CO₂) é o principal gás responsável em reter o calor na baixa atmosfera, mas o vapor d’água, o metano, a amônia, o óxido nitroso, o ozônio, e o clorofluorcarbono (conhecido como CFC, que destrói a camada de ozônio na Tropopausa/Estratosfera) também são gases causadores do efeito estufa. Além desses gases, a nebulosidade e o material particulado em suspensão no ar são importantes contribuintes no processo de aquecimento da Troposfera, uma vez que também atuam como barreira à livre passagem das radiações infravermelhas emitidas pela superfície”.

(Climatologia, Ed. Oficina de Textos.)

A partir da leitura do texto, conclui-se que

- a) as ondas que causam o efeito estufa se constituem principalmente de curta frequência,

como os raios X.

b) apenas o gás carbônico é capaz de reter calor suficiente para gerar o efeito estufa.

c) o efeito estufa envolve apenas as camadas externas que compõem a atmosfera.

d) gases lançados na atmosfera por atividades humanas, como indústrias, podem interferir no recrudescimento do efeito estufa.

e) o vapor de água permite a livre passagem dos raios infravermelhos, o que causa sua livre reflexão para o espaço exterior.

AULA 6

Conteúdos: Capacidade térmica e Quantidade de calor.

Materiais de Leitura:

- Vídeo que trata o conceito de capacidade térmica, definindo o conceito e realizando um cálculo simples para demonstrá-lo. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=qHJ9hZ2D0pk>.
- Texto que trata sobre quantidade de calor, capacidade térmica e suas representações. Disponível em http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/capacidade_termica.htm.

Sugestões

O experimento remoto novamente pode ser incluído na discussão em sala de aula, pois a capacidade térmica do cômodo deve ser levada em consideração nos cálculos que serão realizados posteriormente. Nesse momento, o professor deve reforçar que a capacidade térmica é uma característica do corpo que está sendo analisado e não depende do material do qual ele é feito. Como o cálculo da capacidade térmica do cômodo exige conhecimentos matemáticos avançados, o mesmo não será realizado pelos alunos, o professor fornecerá esse valor: $C_{\text{cômodo}} \cong 46,69 \text{ cal/}^\circ\text{C}$.

TAREFAS DE LEITURA

TL13. Descreva brevemente qual(is) ponto(s) você teve mais dificuldades na Tarefa de Leitura, ou ainda o que achou confuso no material.

TL14. Indique os pontos do material de leitura que mais chamaram sua atenção.

TL15. A maior facilidade de um alimento em se resfriar está relacionada à:

- a) sua maior capacidade de trocar calor com a vizinhança.
- b) sua menor capacidade de trocar calor com a vizinhança.
- c) diferença entre a sua temperatura e a temperatura da vizinhança.

TL16. Ao cozinhar, devemos levar em consideração alguns fatores, como o tipo de alimento a

ser cozido, a panela a ser utilizada, se devemos utilizar fogo baixo ou alto... Suponha que você vá participar do programa Master Chef e precise cozinhar um macarrão em apenas 3 minutos. Dentre as opções abaixo, escolha as mais adequadas para essa situação e JUSTIFIQUE suas escolhas, escrevendo um parágrafo sobre o processo.

1. muita água
2. pouca água (suficiente para cobrir o macarrão)
3. fogo baixo
4. fogo alto
5. panela de ferro (mais grossa)
6. panela de aço inox (mais fina)

TESTES CONCEITUAIS

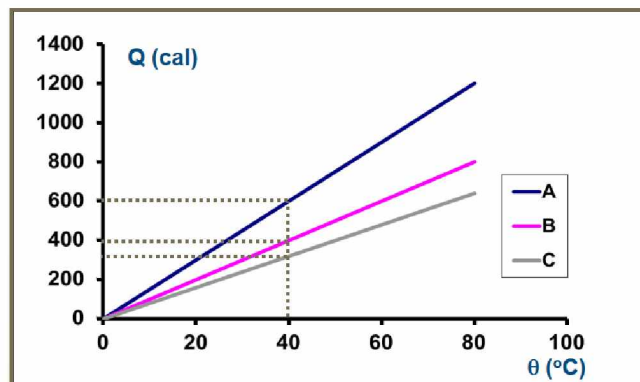
TC7. Qual desses alimentos pode ser ingerido imediatamente após ser retirado do fogo, sem riscos de queimaduras:

- a) espiga de milho.
- b) pipoca.**
- c) purê de batata.
- d) macarrão.
- e) caldo de feijão.

TC8. A resposta da questão anterior se justifica pelo fato da pipoca:

- a) não atingir uma temperatura muito elevada.
- b) possuir baixa capacidade térmica.**
- c) ser mais leve que os outros alimentos considerados.
- d) possuir alta capacidade térmica.

TC9. O gráfico fornece para três corpos a quantidade de calor cedida em função da temperatura. Sabendo-se que $m_A = m_B = 30g$ e $m_C = 10g$, calcule a capacidade térmica de cada um, em cal/°C.



- a) $C_A = 15$; $C_B = 10$; $C_C = 8,75$.
- b) $C_A = 150$; $C_B = 100$; $C_C = 87,5$.**
- c) $C_A = 600$; $C_B = 400$; $C_C = 350$.
- d) $C_A = 40$; $C_B = 40$; $C_C = 40$.
- e) $C_A = 10$; $C_B = 10$; $C_C = 10$.

AULA 7

Conceitos: Calor específico e Quantidade de calor.

Materiais de Leitura:

- Texto sobre calor, calor específico e sua relação com a capacidade térmica. Apesar dos conceitos de calor e capacidade térmica terem sido trabalhados anteriormente, o texto traz uma relação entre essas grandezas. No texto os alunos têm acesso à simulações simples, que demonstram o aquecimento de corpos feitos de materiais diferentes e corpos de mesmo material, mas com massas diferentes. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/calor.htm>.
- Vídeo do canal Pura Física no Youtube, que é uma continuação do vídeo utilizado no material de leitura da sexta aula. No vídeo o autor utiliza o mesmo exemplo utilizado no material sobre capacidade térmica, explicando a relação entre as grandezas utilizando as equações. O vídeo complementa o material do texto, com exemplos numéricos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=uVfE3odJuzg>.

TAREFAS DE LEITURA
<p>TL17. Descreva o que você entendeu a respeito do conceito de calor específico.</p> <p>TL18. Em um dia bem quente (temperatura em torno de 38°C), nada melhor do que ir ao clube para se refrescar (já que em nossa cidade não temos praia...). Quando colocamos os pés descalços no chão sentimos que este está bem quente; porém, ao entrar na piscina sentimos a água gelada. Explique, usando o conceito de calor específico, por que ocorre essa diferença de temperatura.</p> <p>TL19. O calor específico do ferro é $0,11\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, enquanto o do alumínio é $0,22\text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$. Considerando que você tenha disponível panelas de mesma massa, feitas com esses materiais e você deseje preparar rapidamente uma refeição, é preferível utilizar:</p> <p>a) panelas de ferro.</p> <p>b) panelas de alumínio.</p> <p>c) panelas de uma liga de ferro-alumínio.</p> <p>d) nenhuma das opções anteriores.</p>

TESTES CONCEITUAIS

TC10. (VUNESP-SP) Massas iguais de cinco líquidos distintos, cujos calores específicos estão dados na tabela adiante, encontram-se armazenadas, separadamente e à mesma temperatura, dentro de cinco recipientes com boa isolamento e capacidade térmica desprezível.

Líquido	Calor Específico (J/g.°C)
Água	4,19
Petróleo	2,09
Glicerina	2,43
Leite	3,93
Mercúrio	0,14

Se cada líquido receber a mesma quantidade de calor, suficiente apenas para aquecê-lo, mas sem alcançar seu ponto de ebulição, aquele que apresentará temperatura mais alta, após o aquecimento, será:

- a) a água.
- b) o petróleo.
- c) a glicerina.
- d) o leite.
- e) o mercúrio.**

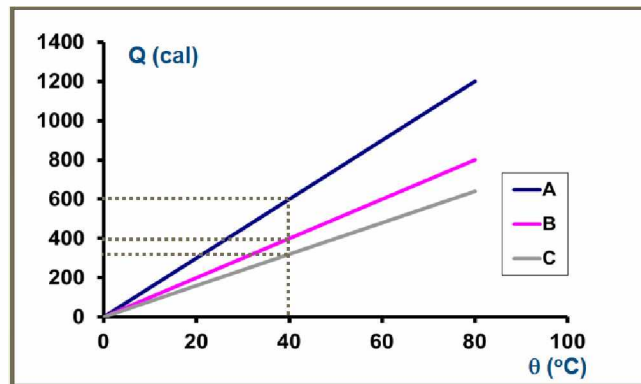
TL11. (Enem - 2009 - cancelado) Em grandes metrópoles, devido a mudanças na superfície terrestre — asfalto e concreto em excesso, por exemplo — formam-se ilhas de calor. A resposta da atmosfera a esse fenômeno é a precipitação convectiva. Isso explica a violência das chuvas em São Paulo, onde as ilhas de calor chegam a ter 2 a 3 graus centígrados de diferença em relação ao seu entorno.

Revista Terra da Gente. Ano 5, nº 60, Abril 2009 (adaptado).

As características físicas, tanto do material como da estrutura projetada de uma edificação, são a base para compreensão de resposta daquela tecnologia construtiva em termos de conforto ambiental. Nas mesmas condições ambientais (temperatura, umidade e pressão), uma quadra terá melhor conforto térmico se:

- a) pavimentada com material de baixo calor específico, pois quanto menor o calor específico de determinado material, menor será a variação térmica sofrida pelo mesmo ao receber determinada quantidade de calor.
- b) pavimentada com material de baixa capacidade térmica, pois quanto menor a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber determinada quantidade de calor.
- c) pavimentada com material de alta capacidade térmica, pois quanto maior a capacidade térmica de determinada estrutura, menor será a variação térmica sofrida por ela ao receber determinada quantidade de calor.**
- d) possuir um sistema de vaporização, pois ambientes mais úmidos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).
- e) possuir um sistema de sucção do vapor d'água, pois ambientes mais secos permitem uma mudança de temperatura lenta, já que o vapor d'água possui a capacidade de armazenar calor sem grandes alterações térmicas, devido ao baixo calor específico da água (em relação à madeira, por exemplo).

TC12. O gráfico fornece para três corpos a quantidade de calor cedida em função da temperatura. Sabendo-se que $m_A = m_B = 30g$ e $m_C = 10g$, calcule o calor específico das substâncias que compõe cada um dos corpos, em cal/g.°C.



- a) $c_A = 15$; $c_B = 10$; $c_C = 8,75$.
 b) $c_A = 1,5$; $c_B = 1,0$; $c_C = 8,75$.
 c) $c_A = 0,5$; $c_B = 0,1$; $c_C = 0,875$.
 d) $c_A = 0,5$; $c_B = 0,33$; $c_C = 0,875$.
 e) $c_A = 5$; $c_B = 3,3$; $c_C = 8,75$.

AULA 8

Conceitos: Condução térmica, Irradiação Térmica, Condutores e Isolantes.

Na oitava aula sugerimos que os alunos realizem uma atividade experimental⁴, utilizando materiais de baixo custo. O experimento elucidará os conceitos referentes à propagação de calor (condução e irradiação térmicas) e, também, condutores e isolantes térmicos.

A ideia do experimento é mostrar a propagação de calor por condução através de dois materiais diferentes: uma colher de metal, que conduz bem o calor, e uma lixa de unha, que conduz mal o calor. Para isso pingamos gotas de vela na colher e na lixa, fixando alguns pregos pequenos nessas gotas. Em seguida, aquecemos uma das extremidades da colher, verificando que as gotas de vela derretem e os pregos caem, devido à propagação de calor pelo material. O mesmo não acontece quando aquecemos uma das extremidades da lixa, pois a madeira não conduz calor tão bem quanto o metal. Nesse caso, as gotas de vela não derretem, a não ser que tenham contato direto com o fogo. Percebemos então o processo de condução (pelo metal) e a irradiação (pela chama da vela).

Para a realização do experimento são necessários os seguintes materiais:

⁴ Adaptado do roteiro de experimentos da UNESP. Disponível em <http://www2.fc.unesp.br/experimentosdefisica/fte04.htm>.

- Pregos pequenos
- Colheres ou facas (não afiadas) de ferro com cabo plástico
- Caixas de fósforos
- Velas
- Folhas de papel
- Lixas de unha

Os passos para a realização da atividade são:

1. Acender a vela utilizando os palitos de fósforo.
2. Pingar a parafina na colher (ou faca) e fixar um prego na parafina ainda derretida, para que o mesmo possa grudar no material.
3. Repetir esse procedimento para fixar de 4 a 5 pregos no material metálico, evitando colocar pregos muito próximos da extremidade.
4. Em seguida, fixar a vela na folha de papel e aproximar a ponta do material metálico (com os pregos grudados nele) da chama da vela, sem que a chama entre em contato direto com a parafina e os pregos.
5. Repetir os procedimentos de 2 a 4, dessa vez utilizando a lixa de unha ao invés do material metálico.

Para a realização do experimento, sugerimos que o professor não forneça um roteiro pronto, mas sim que informe verbalmente os alunos como fazê-lo, auxiliando-os quando necessário. O professor pode pedir que um dos integrantes do grupo filme a realização do experimento, com o uso do celular. A filmagem pode auxiliar os alunos a responderem, posteriormente, as questões propostas.

QUESTÕES PROPOSTAS

1. Por que os pregos do material metálico caíram mesmo não estando em contato direto com a chama?
2. Por que os pregos da lixa só caíram quando entraram em contato direto com a chama?
3. Por que a lixa pegou fogo e o material metálico não?

O professor deve solicitar que os alunos enviem suas respostas antes da aula 9. Dessa forma, ele pode verificar as respostas de cada grupo, quais conceitos foram utilizados e se as respostas são suficientes para justificar os fenômenos observados.

AULAS 9 E 10

Conceitos: Condução, Convecção e Irradiação térmicas; Condutores e isolantes térmicos.

Para trabalhar os conceitos referentes à propagação de calor, fenômeno que será analisado e demonstrado via experimento remoto, o professor pode iniciar a aula com o seguinte questionamento: **Onde tem luz, tem calor?**

A partir dessa pergunta, o professor inicia uma aula dialogada, buscando que os alunos participem e expressem suas ideias. Para embasar a discussão, recomendamos que o espectro eletromagnético seja apresentado, falando sobre as frequências visíveis e não visíveis e as diferenças entre elas (Figura 4).

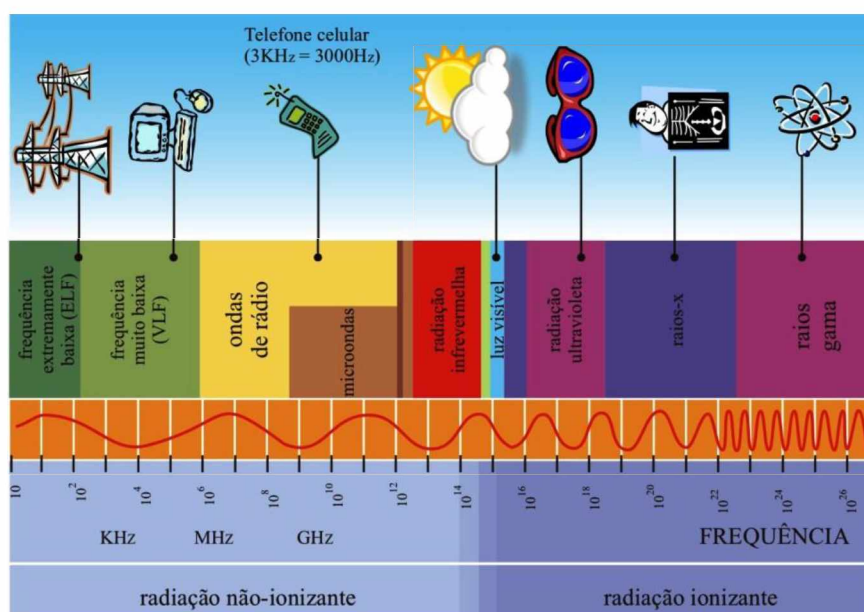


Figura 4 – Espectro eletromagnético.

Fonte: <https://www.resumoescolar.com.br/wp-content/imagens/espectro-eletromagnetico.jpg>.

Nesse momento o professor também pode retornar ao fenômeno do efeito estufa, recordando que os tipos de radiação que são absorvidas e quais são refletidas nesse caso. Em seguida, utilizar o experimento remoto para demonstrar uma situação em que a luz e o calor aparecessem juntos (a lâmpada incandescente é responsável por iluminar o ambiente e também por aquecê-lo).

Estima-se que a discussão a respeito do processo de irradiação térmica tenha duração de uma aula e os processos de condução e convecção sejam discutidos na aula 10.

A condução térmica remete ao experimento realizado na aula 8 e o professor deve fazer uso das respostas dos grupos para discutir o fenômeno com o aluno. Durante a realização do experimento, os alunos puderam verificar que, mesmo aquecendo apenas uma

das extremidades do material metálico, os pregos que estavam do outro lado, presos pela parafina da vela, caíram. Isso se deve pelo fato de que o metal é um bom condutor de calor e, quando aquecemos apenas um dos lados, as moléculas que compõe esse material se agitam de forma que todo o material seja aquecido. O mesmo não acontece com a lixa de unha, feita de madeira, um material isolante térmico. Esse tipo de material não permite a propagação de calor por condução, além de ser um material comburente, que pega fogo facilmente.

Para demonstrar o processo de convecção térmica, o professor pode usar como exemplo o aquecimento da água em uma panela colocada ao fogo (Figura 5). A água que está na parte de baixo da panela aquece primeiro, fazendo com que sua densidade diminua. Dessa forma, essa porção de água, menos densa, sobe, e a água mais fria que estava em cima desce. O processo descrito anteriormente se repete, por isso é comum ouvirmos o termo correntes de convecção, que se refere a esse movimento dos fluidos gerado pela diferença de densidade.

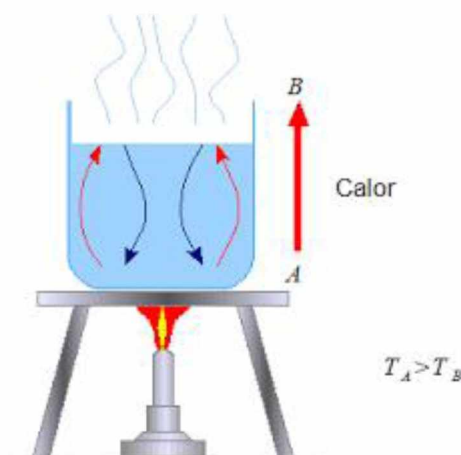


Figura 527 – Exemplo de convecção térmica.

Fonte: <http://profwilker.blogspot.com.br/2011/09/conveccao-termica-e-o-funcionamento-da.html>.

AULA 11

A partir da décima primeira aula, o objeto de estudo é o experimento remoto para o estudo da calorimetria. Recomendamos que a aula 11 seja realizada no laboratório de informática, para que todos os alunos possam visualizar o experimento.

Mesmo que o experimento remoto tenha sido utilizado em outras aulas pelo professor, nesse momento os alunos devem acessá-lo, verificando o que pode ser modificado e, posteriormente, entendendo o objetivo de sua utilização.

O professor deve reforçar que o experimento remoto representa um cômodo fechado, que pode ser aquecido por uma lâmpada incandescente. O visor visto na página de acesso mostra a temperatura medida por dois sensores colocados dentro do cômodo, em posições diferentes. Além disso, o visor mostra também a contagem de tempo, para que os usuários

possam controlar o tempo de aquecimento e resfriamento do cômodo. Ao clicar no botão “Ligar”, o cronômetro é zerado e a lâmpada do cômodo acende, iniciando a contagem de tempo. Ao clicar no botão “Desligar”, a lâmpada é apagada, mas o cronômetro não é zerado. Após clicar no botão “Desligar”, o usuário deve clicar no botão “Download” para baixar os dados de temperatura medidos pelos sensores. Os dados da tabela serão analisados adiante.

A página⁵ do experimento (Figura 6) pode ser acessada pelos alunos, mas, se necessário, apenas o professor pode acessar e projetar a imagem.



Figura 628 – Página de visualização do experimento remoto. Fonte: a autora.

Apenas um usuário pode manipular o experimento por vez, então o professor pode demonstrar todos os passos que devem ser realizados. Sugerimos que, após ligar o experimento, o mesmo fique ligado por 15 minutos. Após deligar, aguardar mais 15 minutos para que o cômodo esfrie e os dados referentes à temperatura sejam baixados, clicando no botão Download. Os dados são baixados num arquivo de formato *.txt (Figura 7).

⁵ Disponível em <http://nutecrexlabs1.ufu.br/>.

Teste - Bloco de notas				
Arquivo	Editar	Formatar	Exibir	Ajuda
0	27,86	29,33	28,35	
3	28,35	29,33	27,86	
6	28,84	29,81	27,86	
9	28,84	29,81	27,86	
12	28,84	30,3	27,37	
15	29,33	30,3	27,37	
18	29,33	30,79	27,37	
21	31,28	26,88		
24	29,81	31,28	27,86	
27	30,3	31,28	26,88	
30	30,3	31,77	27,86	
33	30,3	31,77	26,88	
37	30,79	32,26	27,86	
40	30,79	32,26	26,88	
43	31,28	32,75	27,86	
47	31,28	32,75	27,37	
50	31,77	33,24	27,86	
53	31,77	33,24	27,86	
56	32,26	33,72	26,88	
59	32,75	33,72	27,86	
62	32,26	33,72	28,35	
65	32,26	34,21	27,86	
68	32,75	34,21	27,37	
72	33,24	34,7	26,88	
75	33,24	34,7	27,86	
78	33,72	35,19	26,88	
81	33,72	35,19	28,35	
84	33,72	35,19	26,88	

Figura 729 – Dados do experimento em formato *.txt. Fonte: a autora.

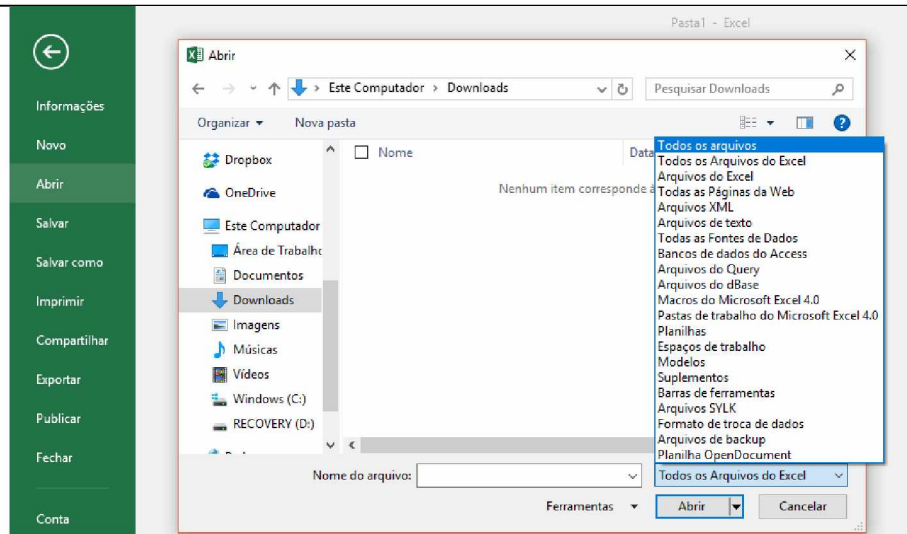
Os dados da primeira coluna são do tempo, expresso em segundos, desde o momento em que o experimento é ligado até o momento que o usuário clica no botão “Download”. Os dados são colhidos a cada 3 segundos. As segunda e terceira colunas representam a medição da temperatura realizada pelos sensores dentro do cômodo. A quarta coluna representa a medição da temperatura externa do cômodo, fator que não foi utilizado em nossas análises.

Após realizar o download dos dados, o objetivo é que os alunos representem esses dados em um gráfico Temperatura *versus* tempo, para cada um dos sensores. Existem vários programas disponíveis na *web* para a montagem de gráficos e sugerimos o Microsoft Excel, por ser um programa disponível na maioria dos computadores que utilizam o sistema operacional Windows.

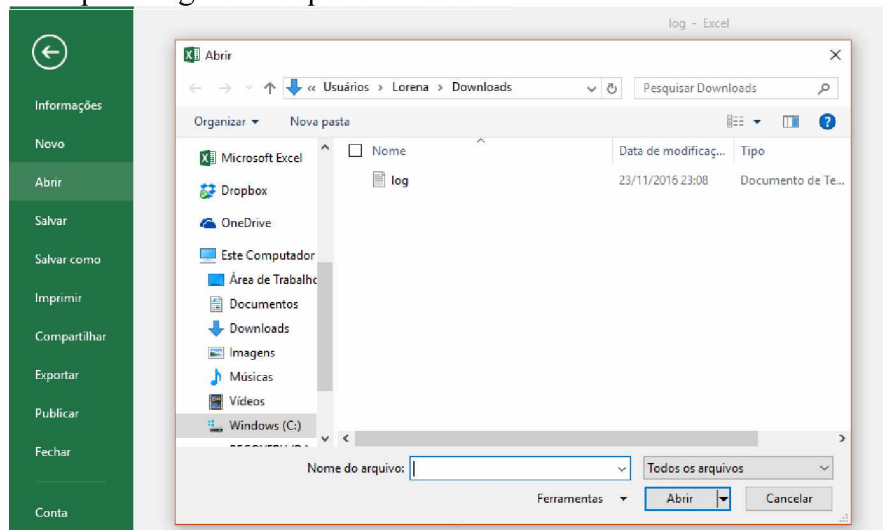
Para traçar o gráfico no Excel, devem ser seguidos alguns passos, expressos no quadro a seguir.

Roteiro para a criação do gráfico no Excel

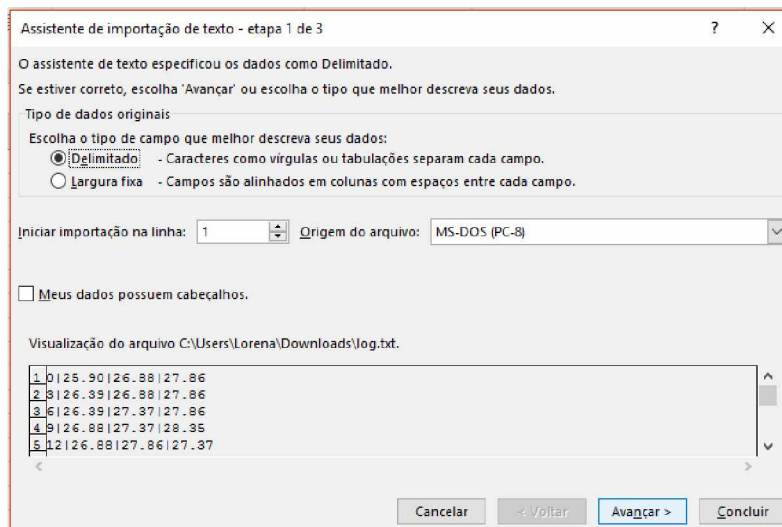
1. Abra o programa Microsoft Excel.
2. Na barra de ferramentas, clique em Abrir. Selecione a opção “todos os documentos” para que o arquivo *log.txt* apareça na lista.



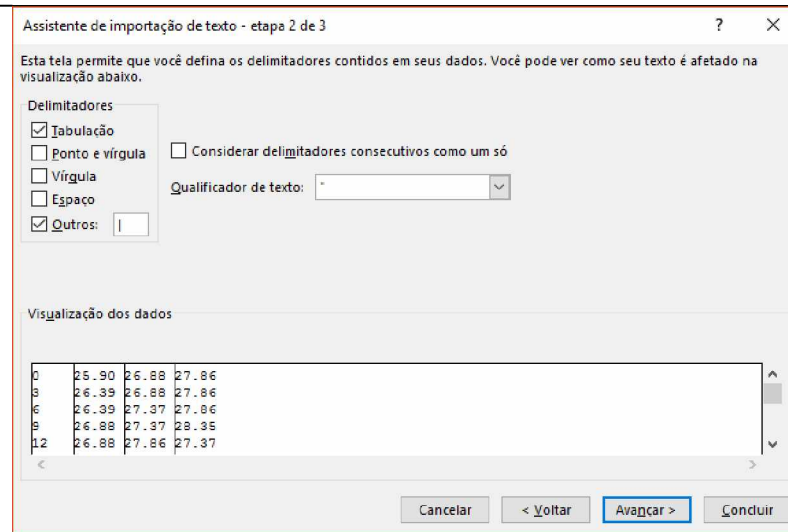
3. Selecione o arquivo log.txt e clique em “Abrir”.



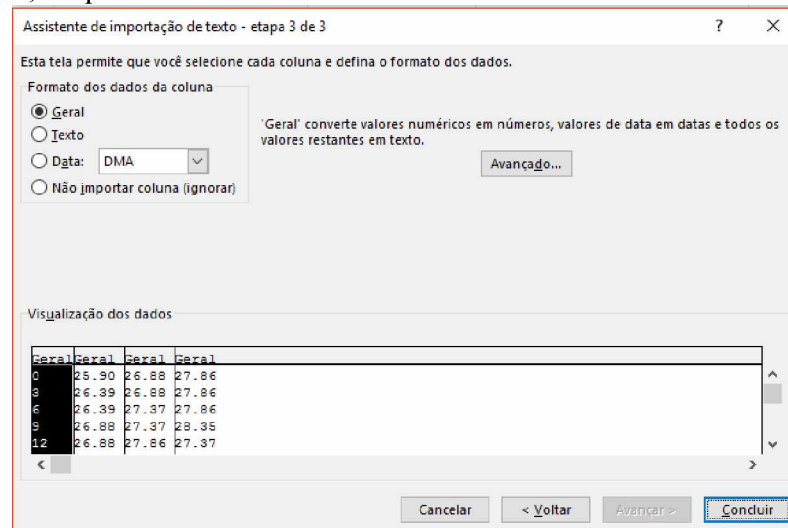
4. Em seguida, uma tela de Assistente de importação de texto aparecerá na tela, clique em “Avançar”.



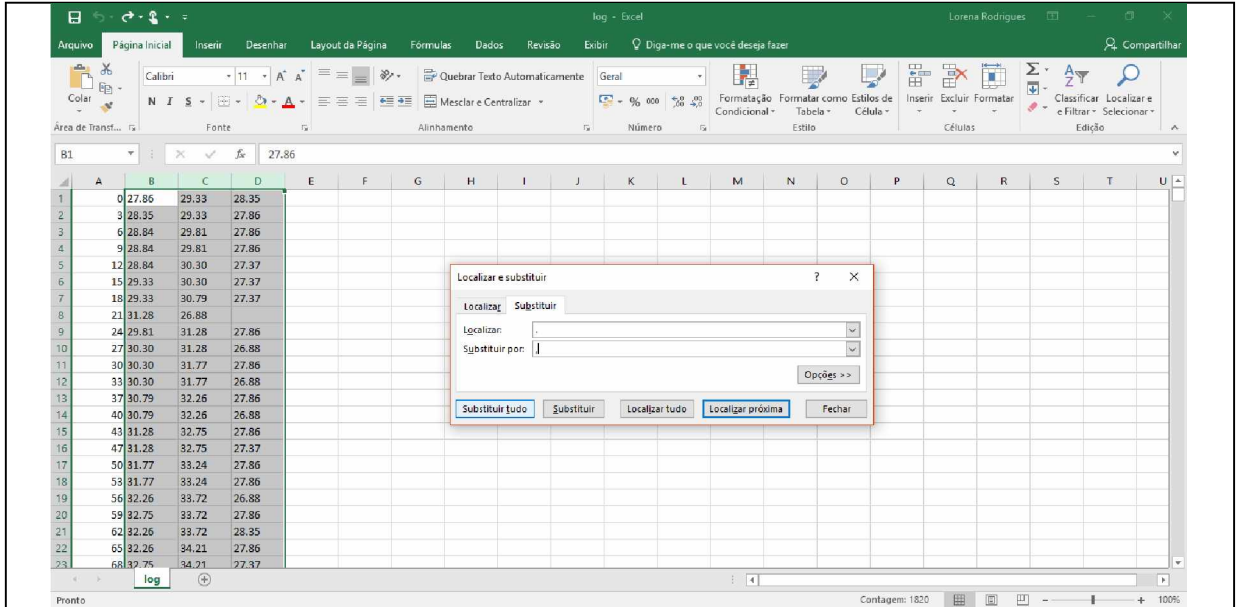
5. Na tela seguinte, marque a opção “Outros” e insira o marcador | no seu teclado. Clique em “Avançar”.



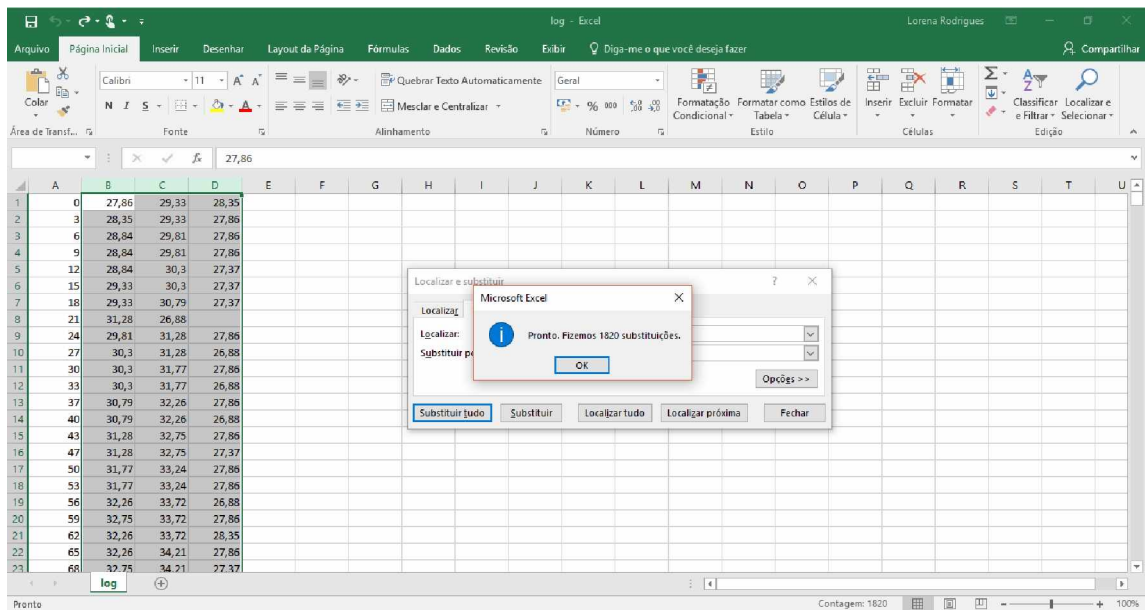
6. Na tela seguinte, clique em “Concluir”.



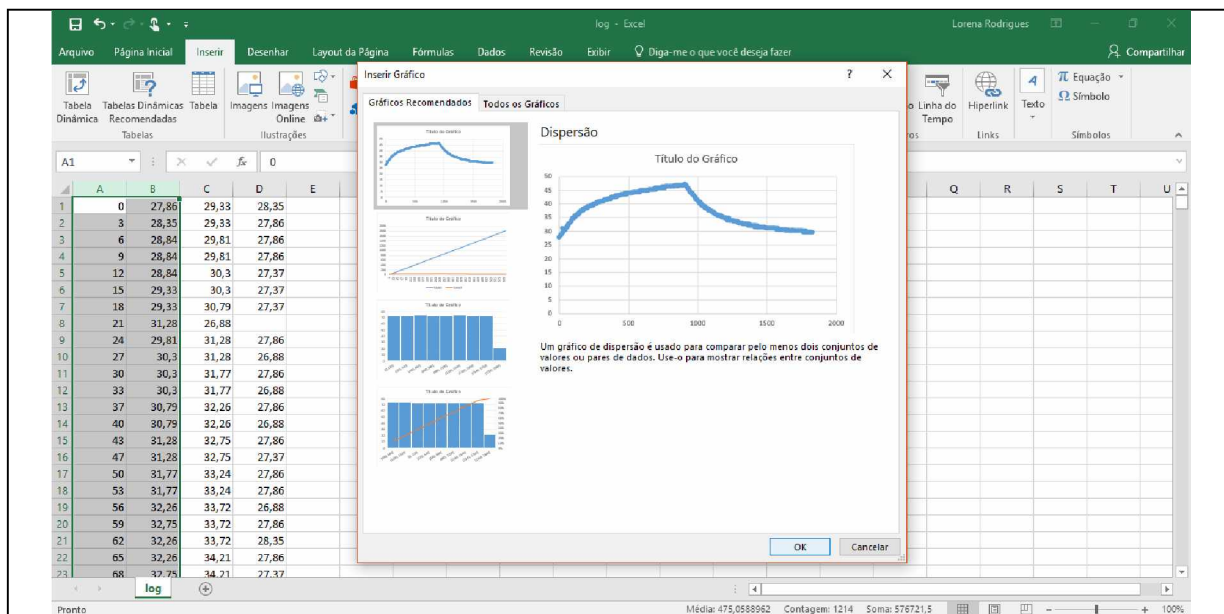
7. Selecione as colunas B, C e D e clique no botão “Localizar e Selecionar”, na barra de ferramentas. Em seguida, clique na opção “Substituir”. No campo “Localizar” digite . (ponto final) e no campo “Substituir” digite , (vírgula). Clique no botão “Substituir tudo”.



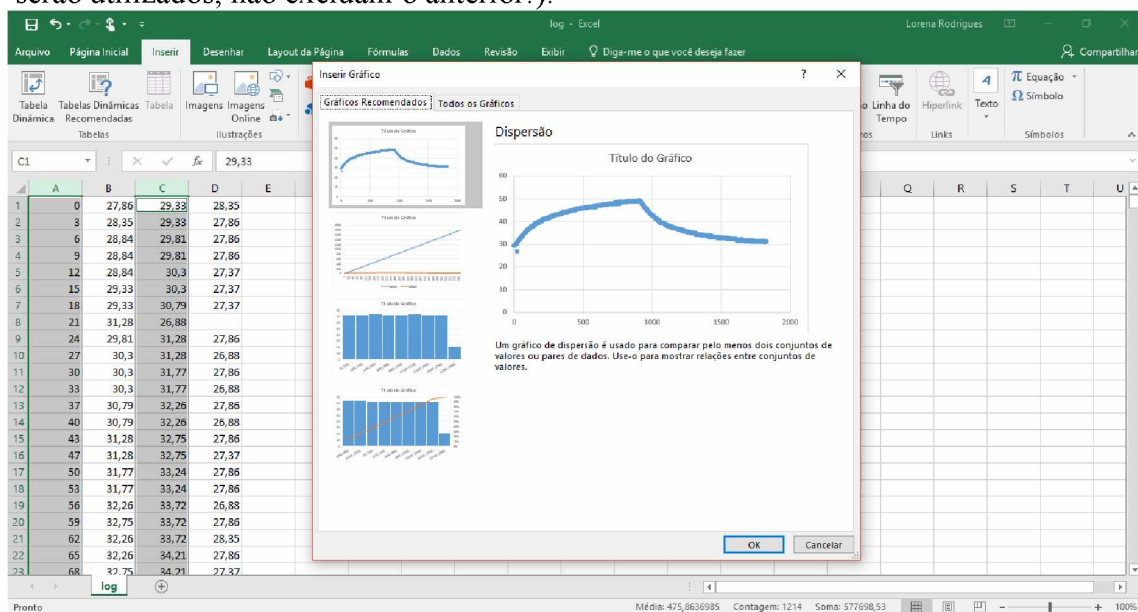
8. Aparecerá uma informação de confirmação, clique em “Ok”. Em seguida clique no botão “Fechar”.



9. Selecione as colunas A e B e clique na aba “Inserir”, botão “Inserir gráfico” e escolha o gráfico de dispersão.



10. Selecione as colunas A e C e repita o passo 9, fazendo outro gráfico (os dois gráficos serão utilizados, não exclua o anterior!).



11. Cada gráfico representa um dos sensores. Vocês podem alterar o nome no gráfico, colocar o que representa a linha horizontal (intervalo de tempo) e vertical (temperatura do cômodo).

Além da construção do gráfico, é importante que os alunos façam uma análise dos fenômenos físicos envolvidos no processo. Para tanto, sugerimos que o professor faça algumas perguntas, que podem ser discutidas em sala de aula.

QUESTÕES CONCEITUAIS

1. Como você justifica a diferença entre as duas curvas apresentadas no gráfico?
2. Por que a temperatura variou da forma mostrada no gráfico durante o intervalo de tempo em que a lâmpada esteve ligada?
3. Como você justifica o fato de a temperatura variar muito no início do aquecimento do ambiente e menos depois, com a fonte ainda ligada?
4. Qual a razão da curva tender a um valor constante de temperatura durante o aquecimento?
5. Por quê a curva de resfriamento não é uma reta?
6. Que tipo de sistema físico esse ambiente térmico apresenta: um sistema isolado, um sistema fechado ou um sistema aberto? Justifique.
7. Como seria a variação de temperatura em um procedimento semelhante realizado em cada tipo de sistema: isolado, fechado e aberto, com as mesmas características físicas (tamanho, material, preenchimento, etc.)?
8. Quais são as suas conclusões após realizar esse experimento?

AULAS 12 A 14

As aulas 12 a 14 se referem à análise do experimento e ao equacionamento do sistema. Sugerimos que o professor inicie a aula 12 discutindo o aquecimento do cômodo, possibilitando a montagem da equação em conjunto com os alunos.

O professor pode iniciar a discussão perguntando: **Quando ligo o experimento, a temperatura interna do cômodo começa a aumentar. Por quê?** A partir desse questionamento, trabalhar novamente os conceitos de propagação de calor por irradiação térmica, que permite que o cômodo seja aquecido, mas também que haja troca de calor com o ambiente externo, pelo vidro que veda o cômodo.

Para montar a equação do aquecimento do cômodo, o professor deve discutir também que todos os elementos que se encontram dentro do mesmo serão aquecidos, portanto devemos levar em consideração a quantidade de calor absorvida por eles. Assim, a capacidade térmica do cômodo deve ser levada em consideração. Esse valor já deve ter sido informado aos alunos na aula 6 ($C_{\text{cômodo}} \cong 46,69 \text{ cal}/^{\circ}\text{C}$).

O calor proveniente da lâmpada aquece também a massa de ar que está confinada no cômodo. É necessário então saber quanto de massa de ar o cômodo suporta. Para mensurar o valor, as medidas das dimensões do cômodo (23,4 cm x 12,5 cm x 10,1 cm) devem ser informadas, e os alunos orientados a procurar na *internet* o valor da densidade do ar. A partir desses dados é possível calcular o valor aproximado da massa de ar, pela relação:

$$m = d \cdot V \quad (\text{Equação 3})$$

em que

m: massa;

d: densidade do material;

V: volume.

Portanto a equação de aquecimento do cômodo é dada por

$$\Delta Q_{l\grave{a}mpada} = (m_{ar} \cdot c_{ar} + C_{c\acute{o}modo}) \cdot \Delta T_{ar} + \Delta Q_{laborat\acute{o}rio}(t) \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 4})$$

em que

$\Delta Q_{l\grave{a}mpada}$ = quantidade de calor fornecida pela fonte t\~{e}rmica (l\~{a}mpada);

m_{ar} : massa de ar interna ao c\~{o}modo;

c_{ar} : calor espec\~{i}fico do ar \~{a} volume constante;

$C_{c\acute{o}modo}$: capacidade t\~{e}rmica do c\~{o}modo;

ΔT_{ar} : varia\c{c}\~{a}o da temperatura no interior do c\~{o}modo;

$\Delta Q_{laborat\acute{o}rio}(t)$: quantidade de calor transferida ao ambiente externo, vari\~{a}vel com o tempo.

A quantidade de calor fornecida pela l\~{a}mpada ao c\~{o}modo \~{e} constante, entretanto a quantidade de calor fornecida ao meio externo \~{e} vari\~{a}vel, pois depende da diferen\c{c}\~{a} da temperatura entre o c\~{o}modo e o meio externo. Sendo assim, podemos trabalhar com essas grandezas relacionando-a com o tempo:

$$\frac{\Delta Q_{l\grave{a}mpada}}{\Delta t} = (m_{ar} \cdot c_{ar} + C_{c\acute{o}modo}) \cdot \frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t} + \frac{\Delta Q_{laborat\acute{o}rio}(t)}{\Delta t} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 5})$$

O c\~{a}lculo do termo $\frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t}$ deve ser realizado a partir dos dados do experimento. Como existem dois sensores no c\~{o}modo, os alunos devem fazer uma m\~{e}dia dos valores de temperatura medidos, considerando o intervalo de tempo apenas do aquecimento do c\~{o}modo (recomendado fazer a medi\c{c}\~{a}o em 15 minutos – 900 segundos).

A rela\c{c}\~{a}o entre quantidade de energia (calor) e intervalo de tempo pode ser expressa na forma de pot\~{e}ncia, portanto a equa\c{c}\~{a}o 4 pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\bar{P}_{l\grave{a}mpada} = (m_{ar} \cdot c_{ar} + C_{c\acute{o}modo}) \cdot \frac{\Delta T_{ar}}{\Delta t} + \bar{P}_{laborat\acute{o}rio} \quad (\text{Equa\c{c}\~{a}o 6})$$

em que

$\bar{P}_{l\grave{a}mpada}$: pot\~{e}ncia t\~{e}rmica m\~{e}dia do aquecimento do c\~{o}modo (fornecida pela l\~{a}mpada);

$\bar{P}_{laborat\acute{o}rio}$: pot\~{e}ncia t\~{e}rmica m\~{e}dia da irradia\c{c}\~{a}o de calor ao ambiente externo (laborat\acute{o}rio).

O c\~{a}lculo da $\bar{P}_{l\grave{a}mpada}$ foi realizado na aula 3.

O objetivo \~{e} que os alunos encontrem o valor da $\bar{P}_{laborat\acute{o}rio}$, usando a equa\c{c}\~{a}o 6.

Deve-se ressaltar que a apresenta\c{c}\~{a}o da equa\c{c}\~{a}o (3) aos alunos \~{e} uma novidade, pois a abordagem desse tema no ensino m\~{e}dio normalmente trata da troca de calor entre sistemas que se encontram isolados da vizinhan\c{c}\~{a} e em situa\c{c}\~{o}es de equil\~{i}brio t\~{e}rmico. Entretanto, o

experimento remoto utilizado funciona de uma maneira não ideal, apresentando trocas de calor entre o sistema em estudo (a sauna) e o meio externo (o laboratório) e, assim, o termo $\Delta Q_{\text{laboratório}}(t)$ deve ser considerado, da mesma forma que a variação temporal das temperaturas.

Esses dois fatos introduzem uma riqueza de interpretações conceituais ao fenômeno, as quais não são possíveis nas abordagens idealizadas.

Sugerimos que o professor utilize as aulas 11 a 14 para realizar as discussões com os alunos e realizar os cálculos referentes ao aquecimento do cômodo. Após os alunos entregarem os cálculos, é importante que o professor retome as questões conceituais, de modo a verificar como os resultados do experimento podem ser aplicados aos conceitos físicos estudados ao longo da sequência didática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida: uma proposta para engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis; v. 30, n. 2, ago. 2013, p. 362-384.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Carvalho, P. M. A. (org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

MAZUR, E. **Peer Instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. Tradução: Anatólio Laschuk. Porto Alegre: Penso, 2015.

MAZUR, E; WATKINS, J. Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. In: SIMKINS, S; MAIER, M. (Eds.). **Just-In-Time Teaching: Across the Disciplines, Across the Academy** Just-In-Time Teaching. 1. Ed. Sterling: Stylus Publishing, p. 39-62, 2010.

OLIVEIRA, V. **Uma proposta de ensino de tópicos de Eletromagnetismo via Instrução pelos Colegas e Ensino sob Medida para o Ensino Médio**. 233 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). Universidade Federal de Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012