



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



LORENA BARBOSA RODRIGUES

PRODUTO EDUCACIONAL

Uberlândia - MG
2017

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.

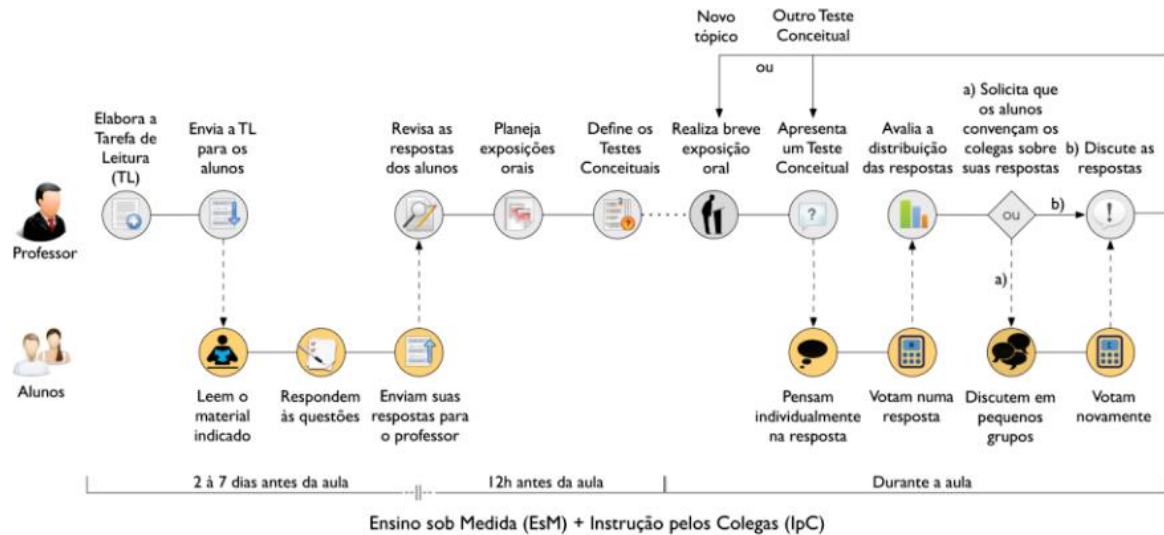


Figura 1 - Linha do tempo do EsM e do IpC.

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.

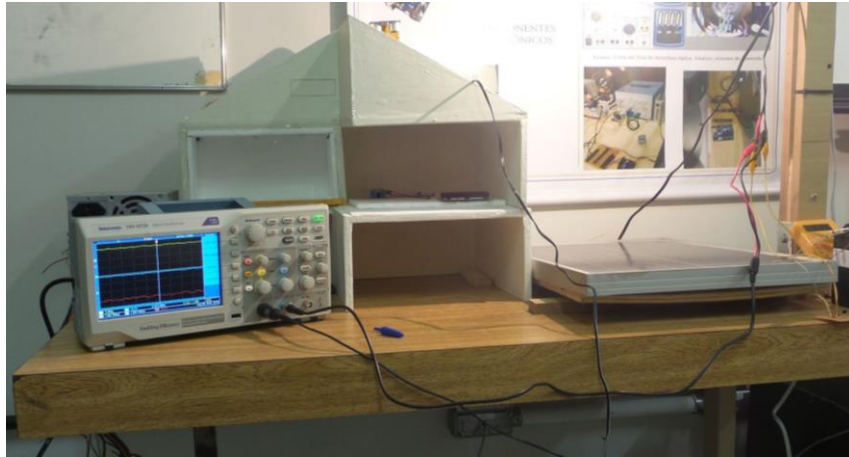


Figura 2 – Fase de montagem da maquete da residência.

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 31 – 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

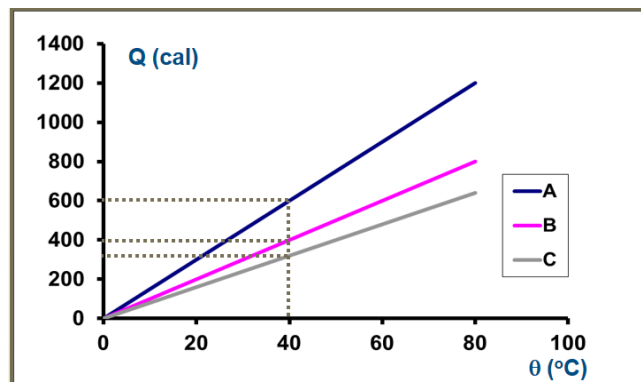
TC7. Qual desses alimentos pode ser ingerido imediatamente após ser retirado do fogo, sem riscos de queimaduras:

- 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 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:</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.

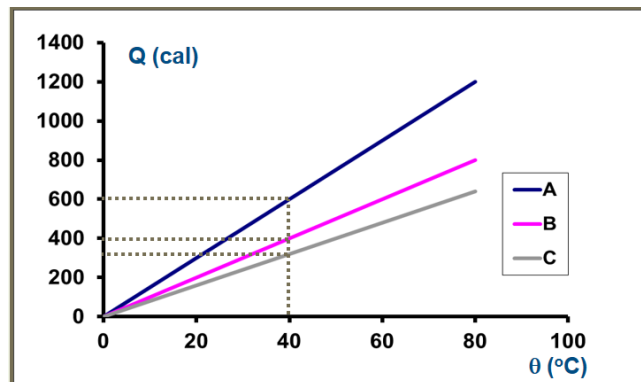
TL11. (Enem - 2009 - cancelado) Em grandes metrópoles, devido a mudanças na superfície terrestre — asfalto e concreto em excesso, por exemplo — formam-se ilhas de calor. A resposta da atmosfera a esse fenômeno é a precipitação convectiva. Isso explica a violência das chuvas em São Paulo, onde as ilhas 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).

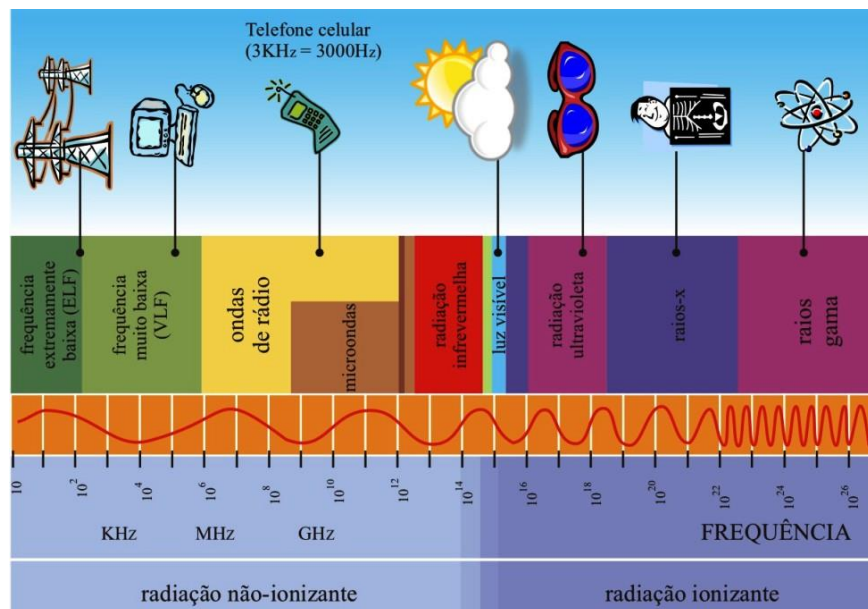


Figura 4 – Espectro eletromagnético.

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.

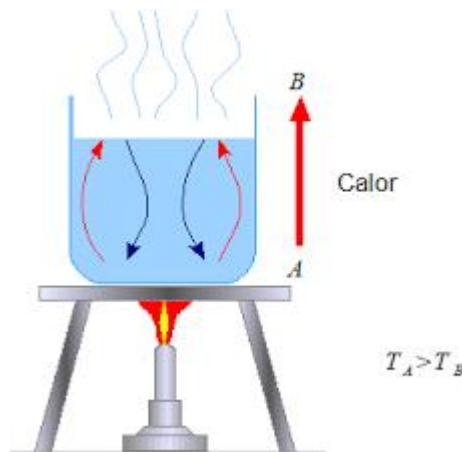


Figura 52 – Exemplo de convecção térmica.

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 63 – 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 desligar, 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 74 – Dados do experimento em formato *.txt. Fonte: a autora.

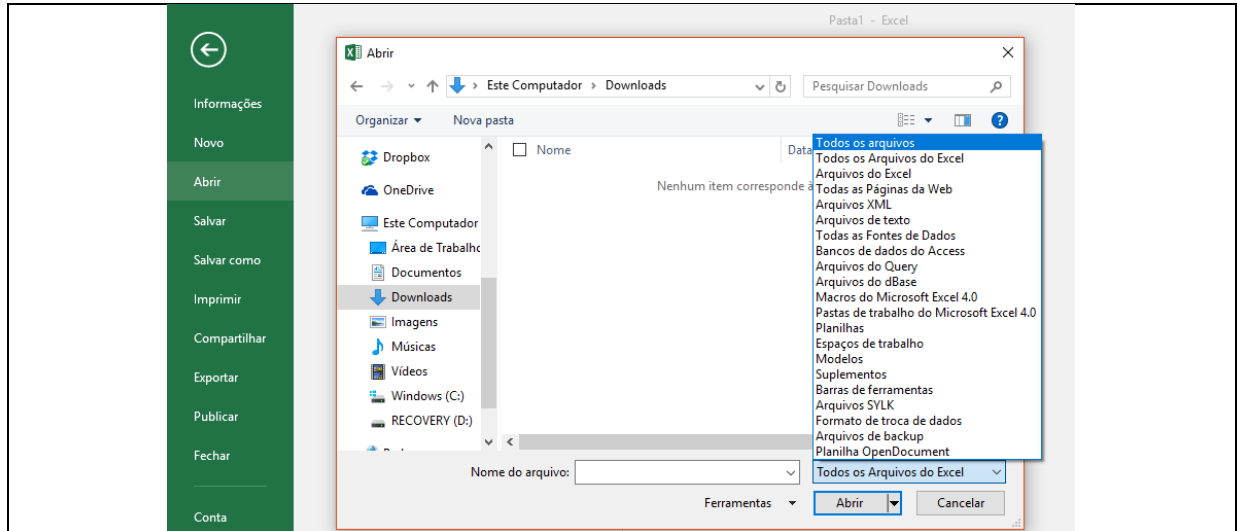
Os dados da primeira coluna são do tempo, expresso em segundos, desde o momento em que o experimento é ligado até o momento que o usuário clica no botão “Download”. Os dados são colhidos a cada 3 segundos. As segunda e terceira colunas representam a medição da temperatura realizada pelos sensores dentro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

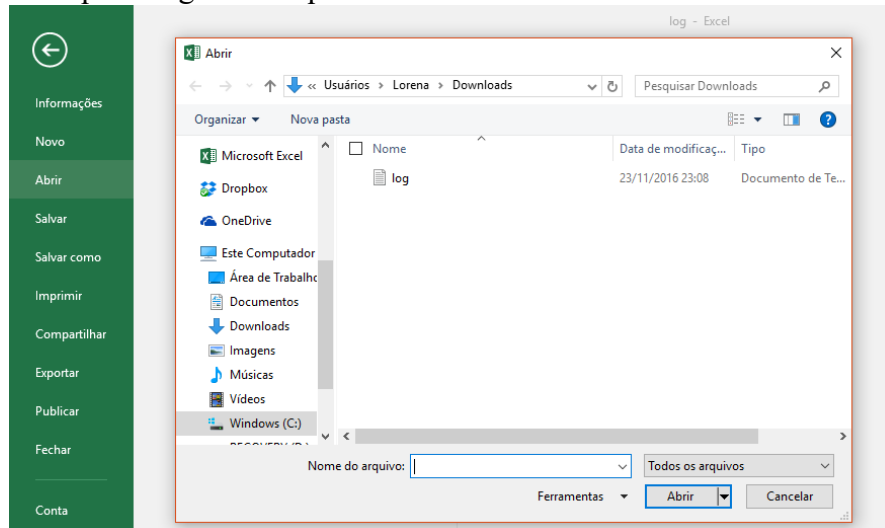
Para traçar o gráfico no Excel, devem ser seguidos alguns passos, expressos no quadro a seguir.

Roteiro para a criação do gráfico no Excel

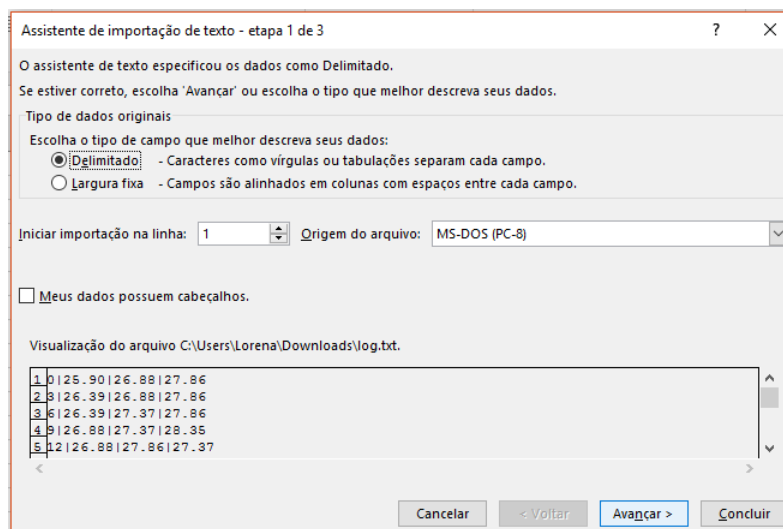
1. Abra o programa Microsoft Excel.
2. Na barra de ferramentas, clique em Abrir. Selecione a opção “todos os documentos” para que o arquivo *log.txt* apareça na lista.



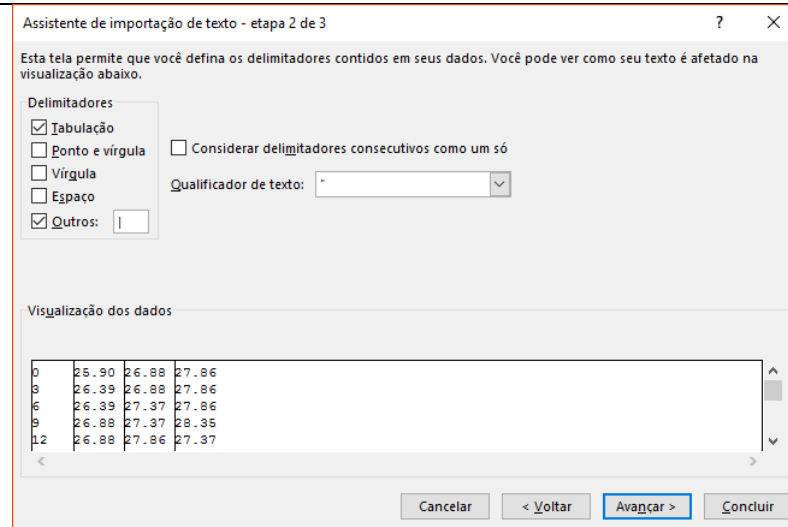
3. Selecione o arquivo log.txt e clique em “Abrir”.



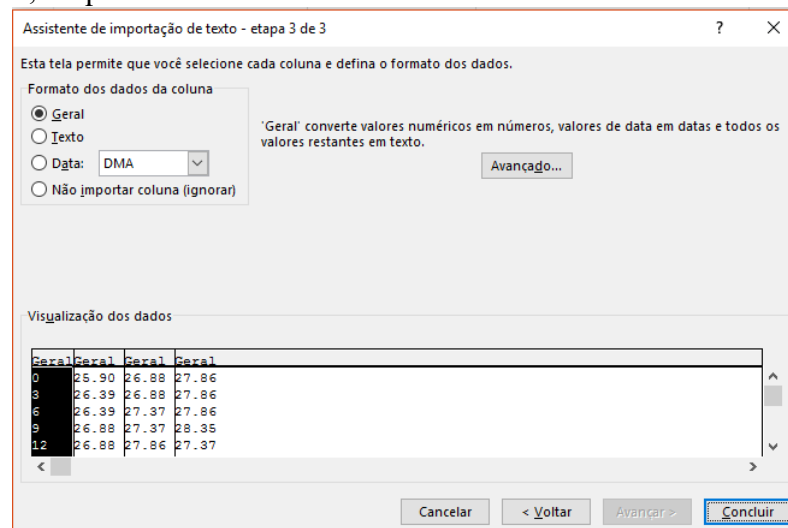
4. Em seguida, uma tela de Assistente de importação de texto aparecerá na tela, clique em “Avançar”.



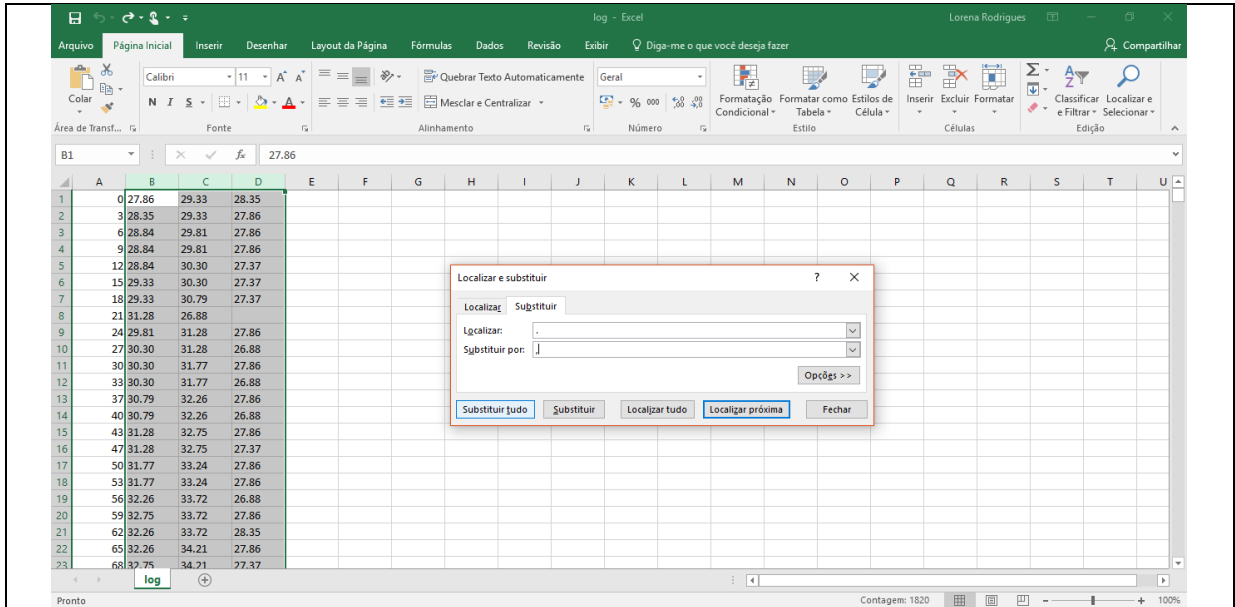
5. Na tela seguinte, marque a opção “Outros” e insira o marcador | no seu teclado. Clique em “Avançar”.



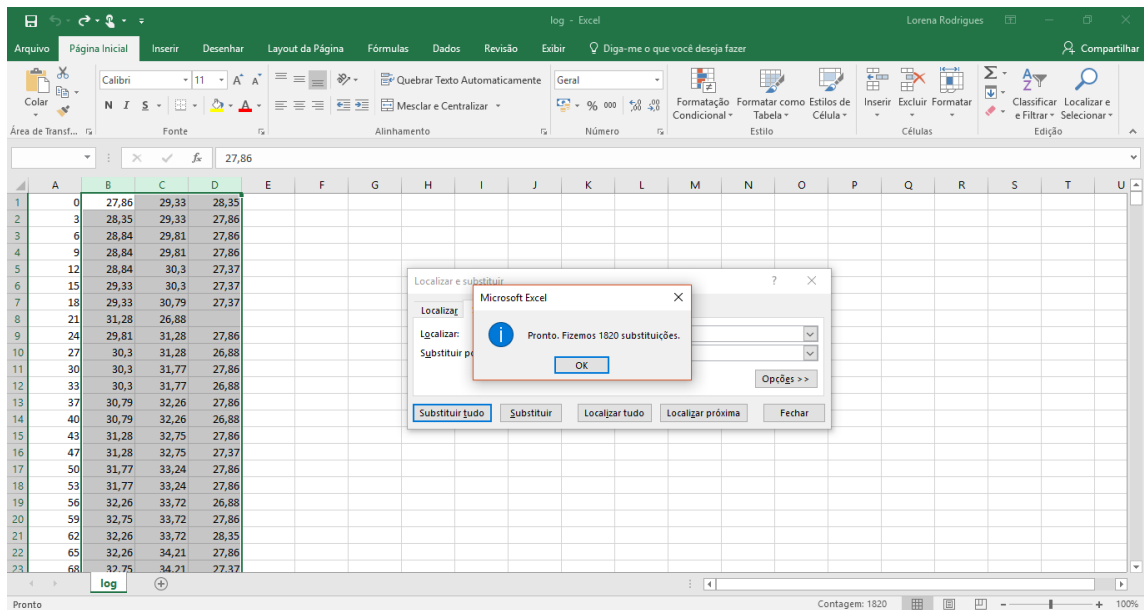
6. Na tela seguinte, clique em “Concluir”.



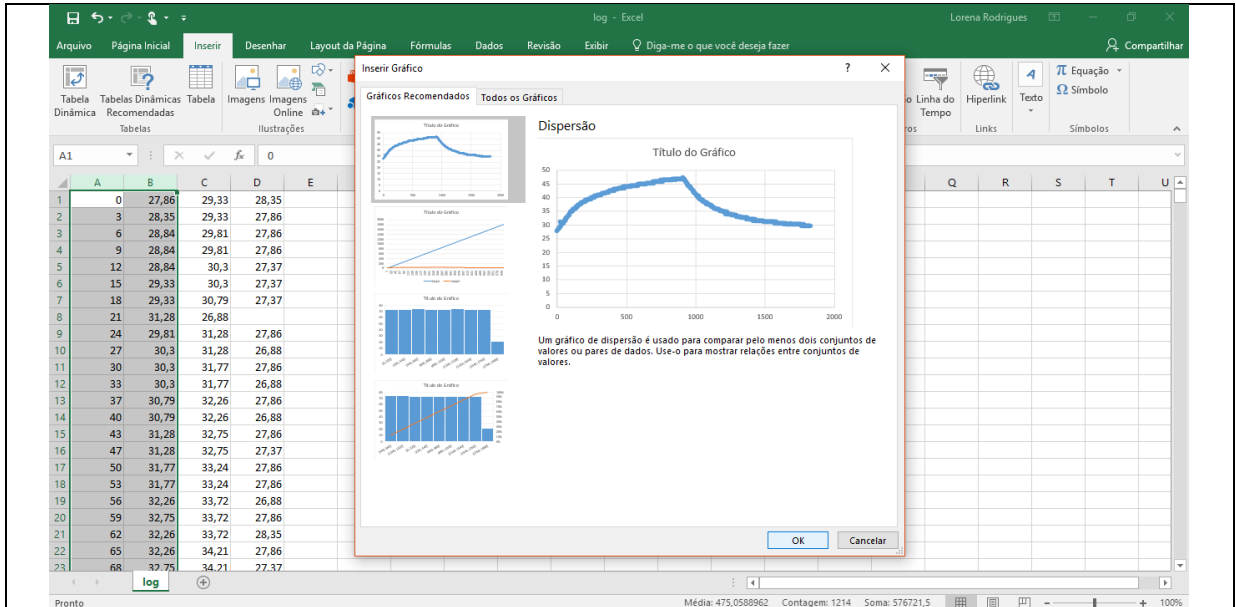
7. Selecione as colunas B, C e D e clique no botão “Localizar e Selecionar”, na barra de ferramentas. Em seguida, clique na opção “Substituir”. No campo “Localizar” digite . (ponto final) e no campo “Substituir” digite , (vírgula). Clique no botão “Substituir tudo”.



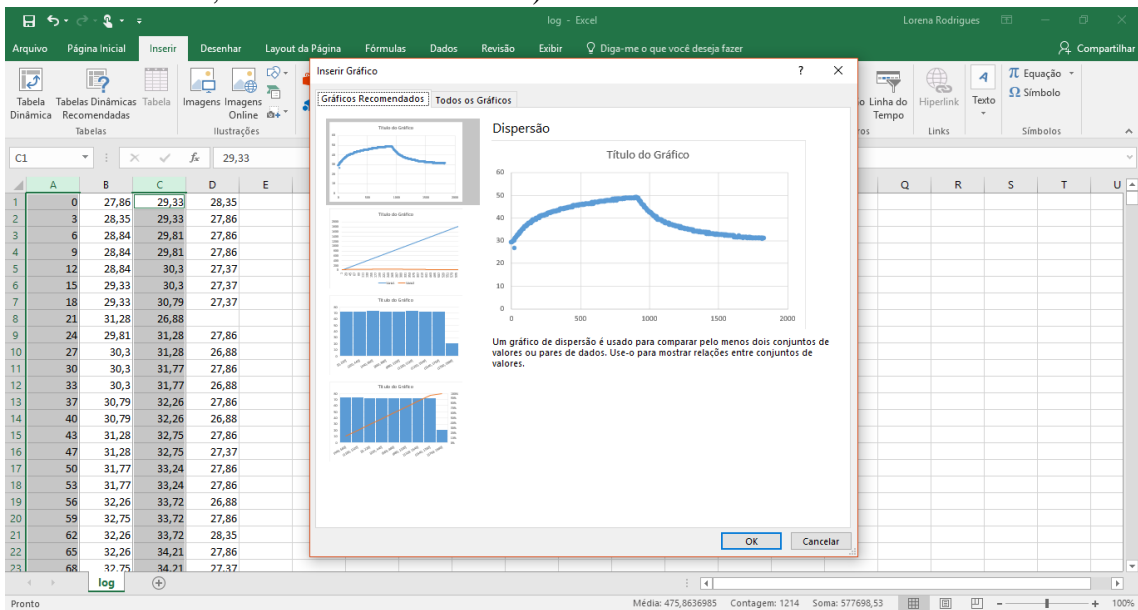
8. Aparecerá uma informação de confirmação, clique em “Ok”. Em seguida clique no botão “Fechar”.



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