



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**APRENDIZAGEM DE CALORIMETRIA COM AUXÍLIO DE UM APLICATIVO
EDUCACIONAL INSTALADO EM SMARTPHONES: UMA EXPERIÊNCIA COM
ALUNOS DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO**

Material do Professor

Autor: Jailson Cuimar Paz

Orientador: Prof. Dr. Jeanderson de Melo Dantas

MARABÁ

2019

AO PROFESSOR

Caro professor, a fim de atingir os objetivos de uma aprendizagem significativa com o uso deste aplicativo educacional, aconselhamos iniciar o curso buscando saber quais os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre Calorimetria. Isto poderá ser feito através de questionários, entrevistas, atividades em grupos, e etc. Esta etapa será importante para a criação e organização das discussões durante os estudos dos conteúdos presentes no aplicativo. Caso seja detectada falta de pré-requisitos sobre o conteúdo de Calorimetria, pode-se iniciar os estudos a partir de conceitos que venham suprir o déficit identificado nos pré-testes.

Busque relacionar o que está sendo estudado com situações do dia a dia do educando, sempre fechando os elos com os conhecimentos pré-existent na sua estrutura cognitiva, evidenciados na pesquisa inicial, como descrito no parágrafo anterior. Você deve sempre partir, em suas aulas e no material instrucional que utiliza, do que o aluno já sabe e não daquilo que ele deveria saber.

Você terá o papel de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da disciplina, incentivando-o a reorganizar sua própria estrutura cognitiva, mediante a aquisição de novos significados que podem gerar conceitos e princípios. És a principal figura no processo de ensino-aprendizagem. Nenhuma ferramenta trabalha de forma efetiva em prol do ensino, sem antes funcionar com você.

Tenha sempre o controle da dinâmica pedagógica em sala de aula, buscando de forma frequente a restauração da atenção dos alunos na aula e verificando se está havendo assimilação do conteúdo. Caso necessário, modifique o ritmo de apresentação e tonalidade de voz; fale de forma clara e com volume suficiente para que todos os alunos possam ouvi-lo; faça perguntas ou incentive a partilha de reflexões sobre os conceitos que foram ou estão sendo estudados.

Durante a utilização deste aplicativo educacional, forneça um tempo para que os alunos leiam os conteúdos presentes em cada janela do aplicativo. A quantidade de tempo varia de aba para aba, e de aluno para aluno, ficando sobre sua responsabilidade esta estipulação de acordo com o desenvolvimento da aula.

Sobre a avaliação de aprendizagem, proponha a solução de problemas novos, em contextos diferentes daqueles aprendidos pelos alunos, e com enunciados inéditos.

BOA SORTE!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A lei zero da termodinâmica. a) Os sistemas A e B estão em contato térmico com o sistema C, mas não em contato entre si. Quando A e B atingem o equilíbrio térmico com C, eles estão em equilíbrio térmico um com o outro, o que pode ser verificado colocando-os em contato, como em b).	7
Figura 2: As escalas Celsius e Fahrenheit assinaladas sobre um termômetro comum.	9
Figura 3: Curva de aquecimento da água.....	13
Figura 4: Curva de resfriamento da água.....	13
Figura 5: Troca de calor entre o corpo A e B.....	15
Figura 6: Equilíbrio térmicos entre os corpos A e B.....	15
Figura 7: Exemplo da condução do calor em uma barra metálica.	17
Figura 8: Papagaio eriçando as penas.	18
Figura 9: Barra homogênea.	19
Figura 10: Barra composta.	20
Figura 11: Correntes de convecção no aquecimento de líquidos.	21
Figura 12: Esquema de resfriamento por convecção.	22
Figura 13: Representação esquemática da brisa marítima.	22
Figura 14: Representação esquemática da brisa terrestre ou continental.....	23
Figura 15: Espectro eletromagnético.....	23
Figura 16: Imagem em cores falsas mostra a taxa com a qual a energia é irradiada pelas pessoas. O branco e o vermelho correspondem às maiores taxas; o azul às menores.	25
Figura 17: Esquema do efeito estufa.	26
Figura 18: Interface inicial do programa Blender.	29
Figura 19: Interface do programa Visual Studio Code.	29
Figura 20: Interface da ferramenta Ionic gerando a imagem inicial do aplicativo educacional.	30
Figura 21: a) Página inicial do aplicativo, b) informações iniciais e c) menu.	31
Figura 22: a) conteúdo sobre calor e b) capacidade térmica.	32
Figura 23: link saber mais e botão passador de abas.....	33
Figura 24: a) conteúdo de calor específico, b) Tabela com calores específicos de algumas substâncias e c) água e seu alto calor específico.	33
Figura 25: a) atividade interativa, b) seleção do ferro e c) seleção do alumínio, respectivamente.	34

Figura 26: a) materiais selecionados e b) início do aquecimento.	34
Figura 27: a) diagrama de fases da água e atividade interativa, b) água no estado sólido colocada numa panela ao fogo e c) recipiente com água introduzido na geladeira.....	35
Figura 28: a) processo de ebulição da água, b) processo de condensação da água e c) processo de sublimação da Naftalina.....	36
Figura 29: a) simulação ar-condicionado, b) garrafa de café desmontada e c) garoto com febre.	37
Figura 30: a) exercício resolvido 01, b) continuação do exercício resolvido 01 e c) exercício prático 01.	38
Figura 31: a) exercício proposto 01, b) continuação do exercício proposto 01 e c) informação fornecida pelo aplicativo para respostas erradas de questões.....	38
Figura 32: a) informação fornecida pelo aplicativo para respostas certas de questões, b) exercícios gerais 01 e exercícios gerais 02.....	39
Figura 33: a) continuação exercícios gerais 02, b) exercícios gerais 03 e c) continuação exercícios gerais 03.	39

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	5
2 CONHECIMENTOS FÍSICOS SOBRE TEMPERATURA E CALOR	6
2.1 Temperatura	6
2.1.1 Medindo a Temperatura.....	8
2.2 Calor	10
2.2.1 Capacidade Térmica	11
2.2.2 Calor Específico	11
2.2.3 Mudança de Fase e Calor Latente.....	12
2.2.4 Troca de Calor	15
2.2.5 Processos de Transmissão de Calor.....	16
3 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	28
3.1 Programas Usados na Construção do Produto Educacional	28
3.2 O Aplicativo Educacional	31
3.2.1 Organização dos Exercícios.....	37
4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO CONTEÚDO	40
4.1 Primeira Etapa	40
4.2 Segunda Etapa	41
4.3 Terceira Etapa	42
4.4 Quarta Etapa	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
APÊNDICE I	46
APÊNDICE II	48
APÊNDICE III	50
APÊNDICE IV	53
APÊNDICE V	55

1 INTRODUÇÃO

Este material contém as descrições de um produto educacional construído de acordo com os requisitos estipulados pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), para auxiliar o educador e/ou o aluno no aprendizado de Calorimetria. Tal produto consiste em um aplicativo educacional para ser usado em *smartphones* com o sistema operacional *Android*. Quando instalado no aparelho celular, o aplicativo funciona sem a necessidade do uso de *internet*.

O aplicativo foi construído com base em exemplos e contextos do dia a dia dos alunos, onde foram introduzidas imagens, simulações e atividades interativas como forma de criar um ambiente mais atrativo para a aprendizagem. Ele poderá ser usado por qualquer aluno do ensino médio e cursinho pré-vestibulares, mas sua construção foi direcionada para alunos de terceiro ano do ensino médio e alunos de cursinhos pré-vestibulares, por isso a parte estrutural dos textos são mais resumidos, sem excessos de informações desnecessárias que podem tornar a dinâmica de estudo mais prolongada e cansativa.

Nas próximas **seções** serão mostradas as etapas seguidas e as ferramentas utilizadas para a construção do aplicativo educacional, junto às considerações em torno da sequência didática que pode servir como exemplo de aplicação do produto educacional. Essas descrições servirão como guia para a compreensão e/ou eventual reprodução da proposta educacional.

Este material de apoio pode ser usado, junto ao aplicativo educacional, como um instrumento pedagógico para auxiliar aos participantes no processo de ensino-aprendizagem na disciplina de Física do ensino médio, baseado em um tipo de aprendizagem definida como “Aprendizagem Móvel”, que pode causar um maior interesse nos alunos em relação a disciplina, e dessa forma, influenciar na diminuição dos problemas vivenciados por esta ciência no ensino básico.

2 CONHECIMENTOS FÍSICOS SOBRE TEMPERATURA E CALOR

Neste capítulo será mostrado a base teórica que rege o conteúdo sobre Temperatura e Calor. Mas para isso, será feito inicialmente uma breve descrição sobre o que é Temperatura e seus efeitos. Vale lembrar que não será feito um estudo aprofundado em torno de escalas termométricas e dilatação térmica. Serão apenas abordados os seus pontos principais que servirão de ideias iniciais para absorção do conteúdo de Calorimetria.

2.1 Temperatura

A temperatura é uma das sete grandezas fundamentais do Sistema Internacional de Medidas (SI). Os físicos medem a temperatura na **escala Kelvin**, cuja unidade é o *kelvin* (K). Embora não exista um limite superior para a temperatura de um corpo, existe um limite inferior, tomada como sendo o zero da escala Kelvin de temperatura.

Quando o universo começou, há 13,7 bilhões de anos, sua temperatura era da ordem de 10^{39} K. Ao se expandir, o universo esfriou, e hoje sua temperatura média é de aproximadamente 3 K. Na Terra a temperatura é um pouco maior devido ao Sol. Sem ele, também estaríamos a 3K, ou melhor, não existiríamos (HALLIDAY, 2009).

Quando um corpo é aquecido ou resfriado, algumas de suas propriedades físicas se alteram. Se o aquecimento for em um sólido ou um líquido, seu volume irá aumentar. Se o aquecimento for em um gás e sua pressão é mantida constante, seu volume aumentará. Porém, se o gás for aquecido e seu volume for constante, sua pressão é que irá aumentar. Propriedades físicas que variam com a temperatura são chamadas de **propriedades termométricas**. Quando uma dessas propriedades variam em um dado material, indica que sua temperatura mudou.

Se colocarmos uma barra de cobre aquecida em contato com uma barra de ferro resfriada, temos que a barra de cobre esfria e a de ferro aquece. Dizemos que as duas barras estão em **contato térmico**. A barra de cobre irá se contrair levemente ao ser resfriada e a barra de ferro se expandirá no aquecimento. Ao terminar o processo, os comprimentos das barras passam a ser constantes, e dizemos que as mesmas estão em **equilíbrio térmico**.

Suponha, agora, que uma barra de cobre aquecida seja colocada em uma corrente de água. A barra esfria até parar de se contrair, atingindo o equilíbrio térmico com a água. Depois é colocado na corrente uma barra de ferro fria, próximo da barra de cobre, mas sem tocá-la. A barra de ferro vai aquecer até atingir o equilíbrio térmico com a água. Se colocarmos as barras

em contato térmico entre si, veremos que seus comprimentos não variam. Portanto, elas estão em equilíbrio térmico entre si. Esta situação é chamada de **lei zero da termodinâmica (Figura 1)** (TIPLER; MOSCA, 2009).

Figura 1: A lei zero da termodinâmica. a) Os sistemas A e B estão em contato térmico com o sistema C, mas não em contato entre si. Quando A e B atingem o equilíbrio térmico com C, eles estão em equilíbrio térmico um com o outro, o que pode ser verificado colocando-os em contato, como em b).



Fonte: TIPLER; MOSCA (2009), p. 572.

Em uma linguagem menos formal, a lei zero quer nos informar o seguinte: “Todo corpo possui uma propriedade chamada **temperatura**. Quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais e vice-versa” (HALLIDAY, 2009, p. 184). Dessa forma, o corpo C da **Figura 1** está fazendo o papel de “termômetro”.

A contração e expansão das barras citados anteriormente na exemplificação da lei zero ocorreram devido a alteração da distância média entre os átomos que compõem as barras.

Toda matéria é composta por átomos e moléculas em constante agitação. A junção de átomos e moléculas formam sólidos, líquidos e gases ou plasmas, dependendo da rapidez com que eles se movem. Em virtude de seus movimentos, as moléculas ou os átomos da matéria possuem energia cinética, no qual está diretamente relacionada a quão quente algo é sentido. A quantidade que informa quão quente ou frio é um objeto em relação a algum padrão é chamada de **Temperatura** (HEWITT, 2002).

Especificamente, a temperatura está relacionada ao movimento aleatório proporcional à energia cinética média “translacional” do movimento dos átomos ou moléculas. Eles também podem rodar e vibrar, mas esses movimentos não afetam diretamente na temperatura (HEWITT, 2002). Um exemplo da relação entre essas energias de movimento é visto nos aparelhos de micro-ondas, onde a radiação micro-onda são bombardeadas sobre a comida, fazendo com que determinadas moléculas das comidas, principalmente as da água, oscilem invertendo sua

direção de um sentido para o outro, com energia cinética rotacional considerável. Mas este fenômeno não faz a comida cozinhar de fato. O que faz a temperatura da comida aumentar e cozinhar efetivamente é a energia cinética translacional comunicada às moléculas vizinhas que ricocheteiam nas moléculas oscilantes de água. Se a interação não acontecesse, a temperatura do alimento não seria diferente do que era antes do forno ser ligado.

2.1.1 Medindo a Temperatura

O primeiro termômetro foi inventado por Galileu em 1602 (a palavra “térnico” é o termo grego para “calor”). O termômetro mais comum, o de mercúrio, só veio a ser usado amplamente apenas nos últimos setenta anos. A temperatura é expressa através de um número correspondente a uma quantidade de graus de aquecimento em alguma escala escolhida.

O funcionamento do termômetro é baseado em alguma propriedade termométrica do material usado em sua confecção, geralmente a dilatação e contração térmica. A maioria dos termômetros medem a temperatura por meio de dilatação ou contração de um líquido, normalmente o mercúrio ou álcool.

O termômetro mais usado em laboratórios contém o número 0 indicando a temperatura de congelamento da água, e o número 100 à temperatura na qual a água entra em ebulição (numa pressão atmosférica normal). O espaço entre esses dois números é dividido em 100 partes iguais, que recebem o nome de *graus*. Este termômetro é chamado de termômetro Celsius, em homenagem ao homem que primeiro sugeriu tal escala, o astrônomo sueco Anders Celsius (1701-1744).

Outra escala de temperatura bastante usada nos Estados Unidos é a Fahrenheit. Seu termômetro é chamado de termômetro Fahrenheit, em homenagem ao seu criador, o físico alemão G. D. Fahrenheit. Esta escala tem o número 32 indicando a temperatura onde a água congela, e o número 212 à temperatura onde a água ferve. Na **Figura 2** temos um exemplo de termômetro que demarca a temperatura nas duas escalas mencionadas até o momento.

Outra escala de temperatura, preferida pelos cientistas, é a escala Kelvin, em homenagem ao físico britânico Lord Kelvin (1824-1907). Esta escala considera o número 0 como sendo o ponto de mais baixa temperatura possível (o **zero absoluto**). Neste ponto, os átomos ou moléculas de qualquer substância não teria qualquer energia cinética para vibrar. O zero absoluto corresponde a 273 °C negativos na escala Celsius. As divisões da escala Kelvin

é a mesma da escala Celsius, sendo o ponto de congelamento da água indicado por + 273 kelvins. Não existem valores negativos na escala Kelvin.

Apesar da escala Kelvin se referir a um ponto de mínima energia em uma substância, existe uma energia conhecida como “energia do ponto zero” não-disponível que não pode ser transferida para outra substância. O hélio, por exemplo, tem átomos com movimentação suficiente a zero absoluto para impedi-lo de congelar. A explicação para isso envolve a teoria quântica (HEWITT, 2002).

Figura 2: As escalas Celsius e Fahrenheit assinaladas sobre um termômetro comum.



Fonte: COC (2016), v. 11, p. 141.

A equação (1) a seguir é frequentemente utilizada para a conversão das escalas de temperaturas vistas anteriormente.

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{\theta_K - 273}{5} \quad (1)$$

em que θ_C , θ_F e θ_K significam temperatura em graus Celsius, Fahrenheit e Kelvin, respectivamente.

Apesar desta expressão ser frequentemente requerida em exames escolares, dificilmente você irá usá-la fora deste ambiente, pois para fazer a conversão, é mais fácil olhar os valores correspondentes exibidos no próprio termômetro (exemplo: **Figura 2**).

Um fato curioso é que o termômetro quando mede uma temperatura, na verdade está revelando sua própria temperatura. Quando este instrumento está em contato térmico com algo que queremos determinar a temperatura, a energia fluirá entre os dois materiais até ocorrer o equilíbrio térmico, e conhecendo a temperatura do termômetro, conhecemos a temperatura do corpo em contato.

2.2 Calor

Ao tirarmos um refrigerante da geladeira e deixá-lo sobre a mesa da cozinha, percebe-se que com o passar do tempo o refrigerante vai aumentando sua temperatura até atingir o equilíbrio térmico com o ambiente a sua volta. Se colocarmos em cima da mesa uma xícara de café quente, com o passar do tempo o líquido vai esfriando, até atingir o equilíbrio térmico com a vizinhança. É importante ressaltar que a temperatura da cozinha antes dos experimentos não é a mesma do refrigerante e/ou do café na xícara. Ela é maior do que a temperatura do refrigerante, e menor que a temperatura do café.

Essa variação de temperatura vistas nas duas situações anteriores é devido a uma mudança na energia térmica das substâncias envolvidas, causada pela troca de energia com o meio externo. O sentido desta troca de energia espontânea sempre será do corpo mais quente para um mais frio. A energia transferida de um corpo para outro devido a diferença de temperatura é chamada de **Calor** (Q) (HALLIDAY, 2009).

A energia térmica citada anteriormente também é denominada de energia interna, e corresponde a soma total de todas as energias no interior de uma substância. Além da energia cinética translacional de agitação térmica em uma substância, existem outras formas de energias, tais como: energia cinética rotacional das moléculas, energia cinética devido ao movimento dos átomos dentro das moléculas e a energia potencial correspondente às forças entre as moléculas. Porém, ter energia interna não significa que temos calor (HEWITT, 2002).

A matéria contém energia interna, e não calor. O calor é uma energia em trânsito de um corpo com temperatura mais alta para outro a uma temperatura mais baixa. Uma vez transferida, a energia deixa de ser calor, e se transforma em outros tipos de energia.

Quando uma substância absorve ou cede calor, a sua energia interna aumenta ou diminui, respectivamente. Para objetos em contato térmico, o calor flui de uma substância a uma temperatura mais alta para uma outra a temperatura mais baixa, mas não necessariamente flui de uma substância com mais energia interna para outra com menor energia interna. Existe mais energia interna em uma tigela de água morna do que em uma tachinha incandescente, de forma que ao ser introduzida na tigela com água, o fluxo de calor não acontecerá da água morna para a tachinha, mas sim, da tachinha quente para a água mais fria (HEWITT, 2002). O Calor nunca fluirá “espontaneamente” de um corpo mais frio para outro mais aquecido.

Uma analogia pode ser feita entre o calor e trabalho (W). O trabalho também é energia em trânsito. Um corpo não contém trabalho. Ele realiza trabalho ou trabalho é realizado sobre ele.

Antes que os cientistas percebessem que o calor é energia em transição, ele era medido em termos da capacidade de aumentar a temperatura da água. Assim, a **caloria** (cal) foi definida como a quantidade de calor necessária para aumentar em um 1 °C a temperatura de 1 g de água. Como o calor é energia em transição, assim como o trabalho, em 1948 a comunidade científica decidiu que a unidade de calor no Sistema Internacional de Unidades (SI) deveria ser a mesma da energia, ou seja, o **joule** (J). A equivalência entre essas duas unidades é a seguinte:

$$1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J} \quad (2)$$

2.2.1 Capacidade Térmica

Quando calor é transferido para uma substância, sua temperatura usualmente aumenta. A quantidade de calor Q necessária para aumentar a temperatura de uma amostra da substância é proporcional à variação da temperatura:

$$Q = \Delta E_{\text{interna}} = C \Delta\theta = C (\theta_f - \theta_i) \quad (3)$$

onde θ_f é a temperatura final, θ_i temperatura inicial e C é a **capacidade térmica**, definida como a variação da energia interna necessária para aumentar em um grau a temperatura de uma amostra. Sua unidade no SI é J/K.

A palavra “capacidade” não pode ser referida a uma capacidade limitada de absorver calor. Podemos fornecer uma quantidade ilimitada de calor para um objeto, contanto que uma diferença de temperatura seja mantida. Porém, o material pode fundir ou evaporar no processo.

2.2.2 Calor Específico

Quando temos dois objetos do mesmo material, a capacidade térmica de cada um é proporcional a sua massa. Por exemplo:

- Diferentes tipos de blocos possuem diferentes capacidades térmicas;
- Para ferver 2 litros de leite, leva-se o dobro do tempo que é necessário para 1 litro, colocando na mesma panela e na mesma chama. A variação de temperatura é a mesma para as duas situações, mas a quantidade de calor fornecida para ferver os 2 litros de leite será o dobro do fornecido para 1 litro.

Assim, é conveniente definir uma “capacidade térmica por unidade de massa”, ou **calor específico** (c), que se refere não a um objeto, mas a uma massa unitária do material de que é feito o objeto. Neste caso, a equação (2) se torna:

$$Q = c m \Delta\theta = c m(\theta_f - \theta_i) \quad (4)$$

De acordo com as definições de caloria, o calor específico da água é:

$$c = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C} = 4190 \text{ J/kg} \cdot \text{K} \quad (5)$$

A **Tabela 01** os calores específicos de algumas substâncias à temperatura ambiente. O calor específico de qualquer substância varia um pouco com a temperatura, mas os valores da **Tabela 1** podem ser usados com precisão razoável em temperaturas próximas da temperatura ambiente (HALLIDAY, 2009).

Tabela 1: Alguns calores específicos à temperatura ambiente.

Substância	Calor específico	
	$\frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot \text{K}}$	$\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$
Chumbo	0,0305	128
Tungstênio	0,0321	134
Prata	0,0564	236
Cobre	0,0923	386
Alumínio	0,215	900
Latão	0,092	380
Granito	0,19	790
Vidro	0,20	840
Gelo (-10 °C)	0,530	2220
Mercúrio	0,033	140
Etanol	0,58	2430
Água do mar	0,93	3900
Água doce	1,00	4180

Fonte: Adaptado de Halliday (2009), p. 191.

2.2.3 Mudança de Fase e Calor Latente

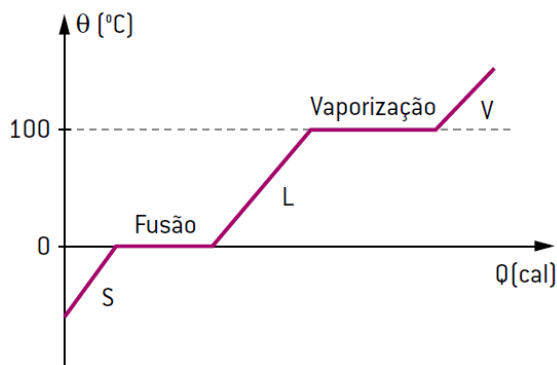
Quando aquecemos uma amostra sólida ou líquida nem sempre a temperatura da amostra aumenta. Em vez disso, a amostra pode mudar de fase (ou de estado). Por exemplo, quando o gelo a 0 °C absorve calor, ele se funde, mantendo sua temperatura constante. A

matéria pode existir em três estados. No estado sólido, os átomos ou moléculas do material formam uma estrutura rígida devido sua atração mútua. No estado líquido os átomos ou moléculas tem mais energia e podem se mover com mais facilidade. No estado gasoso os átomos ou moléculas tem uma energia ainda maior, fazendo com que não ocorra interação entre essas partículas, a não ser através de choques de curta duração, e ocupam todo o volume do recipiente que o armazenam.

Tipos comuns de mudanças de fase são a solidificação (passagem do estado líquido para o sólido), a fusão (passagem do estado sólido para o líquido), a vaporização (passagem do estado líquido para o vapor ou gás), a condensação (passagem do estado gasoso ou vapor para o líquido) e a sublimação (passagem do estado sólido diretamente para o gás ou vapor).

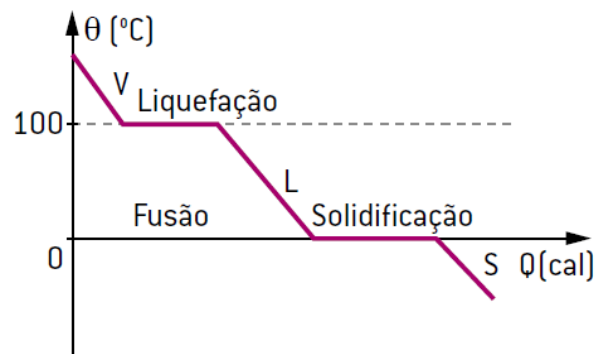
Para fundir um sólido, é preciso fornecer energia para que os átomos ou moléculas do sólido sejam liberados de sua estrutura rígida. O contrário de fundir é solidificar, e consiste na retirada de energia do líquido para os átomos ou moléculas voltarem a formar a estrutura rígida de um sólido. Para vaporizar um líquido é preciso o fornecimento de energia para liberar os átomos ou moléculas do seu aglomerado. Ferver a água para transformá-la em vapor é um bom exemplo. Condensar um gás é o inverso de vaporizar e exige a retirada de energia para que os átomos ou moléculas voltem a se aglomerar. As curvas nas **Figuras 3 e 4** exemplificam as mudanças de fase da água, numa pressão ambiente.

Figura 3: Curva de aquecimento da água



Fonte: COC (2017), v. 8, p. 176.

Figura 4: Curva de resfriamento da água.



Fonte: COC (2017), v. 8, p. 176.

A teoria molecular explica o motivo da temperatura permanecer constante durante a mudança de fase. As moléculas em um líquido estão mais próximas e exercem forças atrativas umas sobre as outras, enquanto as moléculas em um gás estão mais afastadas. Para romper as forças atrativas intermoleculares e passar do estado líquido para o gasoso, é preciso energia. No exemplo da água fervendo sobre uma chama de um fogão, a água irá receber energia e os

movimentos de suas moléculas vão aumentar, junto à temperatura. Quando a temperatura atinge o ponto de ebulição, as moléculas não podem mais aumentar sua energia cinética e permanecem no líquido. Enquanto a água líquida se transforma em vapor, o acréscimo de energia é utilizado para quebrar as atrações existente entre as moléculas. Em outras palavras, a energia é utilizada para aumentar a energia potencial das moléculas em vez de aumentar sua energia cinética. Como a temperatura é uma medida da energia cinética média de translação das moléculas, a temperatura não mudar (TIPLER; MOSCA, 2009).

Para substâncias puras, considerando uma dada pressão, a mudança de fase vai ocorrer apenas em uma temperatura específica. Por exemplo, a curva da **Figura 3** nos mostra que a água sólida passa para líquido na temperatura de 0 °C (conhecido como ponto de fusão da água), e em 100 °C o líquido passa para o gasoso (ponto de ebulição da água).

A energia necessária por unidade de massa que deve ser transferida em forma de calor para que uma amostra mude totalmente de fase é chamada de **calor latente** e representada pela letra L . Assim, quando uma amostra de massa m sofre uma mudança de fase, a energia total transferida é

$$Q = Lm \quad (6)$$

O calor latente depende da mudança de fase que está ocorrendo, ou seja, o calor latente de fusão (L_f) de determinada substância é diferente do calor latente de vaporização (L_v). A **Tabela 2** apresenta alguns calores latentes de algumas substâncias.

Tabela 2: Alguns calores latentes.

Substância	Fusão		Ebulição	
	Ponto de Fusão (K)	Calor de Fusão L_f (kJ/kg)	Ponto de Ebulição (K)	Calor de Vaporização L_v (kJ/kg)
Hidrogênio	14,0	58,0	20,3	455
Oxigênio	54,8	13,9	90,2	213
Mercúrio	234	11,4	630	296
Água	273	333	373	2256
Chumbo	601	23,2	2017	858
Prata	1235	105	2323	2336
Cobre	1356	207	2868	4730

Fonte: Adaptado de Halliday (2009), p. 193.

Observações:

- Nos processos endotérmicos (fusão e vaporização), a quantidade de calor latente será positiva, pois a substância, para mudar de estado, necessita receber calor.
- Nos processos exotérmicos (solidificação e condensação), a quantidade de calor latente será negativa, pois a substância necessita ceder calor.
- Os valores do calor latente de fusão (L_f) e de solidificação (L_s) possuem o mesmo módulo, mas são de sinais contrários: $L_s = -L_f$

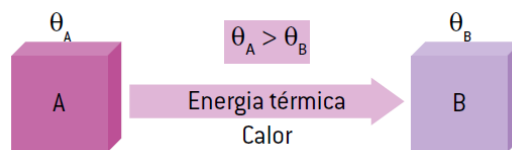
2.2.4 Troca de Calor

A troca de calor acontece quando dois ou mais corpos com temperaturas diferentes são colocados em contato em um mesmo ambiente (sistema isolado), e depois de certo tempo, atingem o equilíbrio térmico.

Os sistemas isolados citados anteriormente são conhecidos como **Calorímetro** e são recipientes que dificultam a troca de calor com o meio externo de um sistema térmico isolado. Tais recipientes podem ser construídos de isopor, cortiça, lã de vidro, etc.

Para exemplificar a troca de calor, consideremos dois corpos, A e B, cujas temperaturas são θ_A e θ_B , em que $\theta_A > \theta_B$. Já aprendemos que colocando A e B em contato, o corpo A cede calor e o corpo B recebe calor:

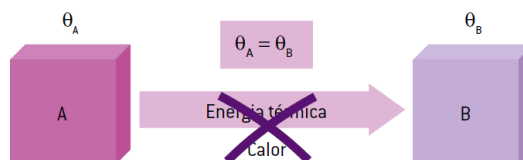
Figura 5: Troca de calor entre o corpo A e B.



Fonte: COC (2017), vol. 8, p. 177.

Após algum tempo, os corpos atingem o equilíbrio térmico e essa transferência de calor cessa:

Figura 6: Equilíbrio térmico entre os corpos A e B.



Fonte: COC (2017), vol. 8, p. 177.

Estando ambos no interior de um calorímetro ideal, ou seja, sem interferência do meio externo, todo calor cedido pelo corpo A foi recebido pelo corpo B. Dessa forma, o calor cedido é negativo e o calor recebido é positivo. Assim, após o equilíbrio térmico, temos:

$$-Q_A = Q_B \quad (7)$$

ou

$$Q_A + Q_B = 0 \quad (8)$$

ainda

$$Q_{cedido} + Q_{recebido} = 0 \quad (9)$$

A equação (9) é conhecida por **princípio das trocas de calor**.

Quando a troca de calor provoca apenas variação na temperatura dos corpos envolvidos, sem mudanças na forma física, usamos a fórmula do calor mostrado na equação (4). Se durante a troca de calor ocorrer alguma mudança de fase, o corpo que sofreu essa mudança terá recebido ou cedido calor latente, e devemos substituir a equação (4) pela equação (6).

Observações:

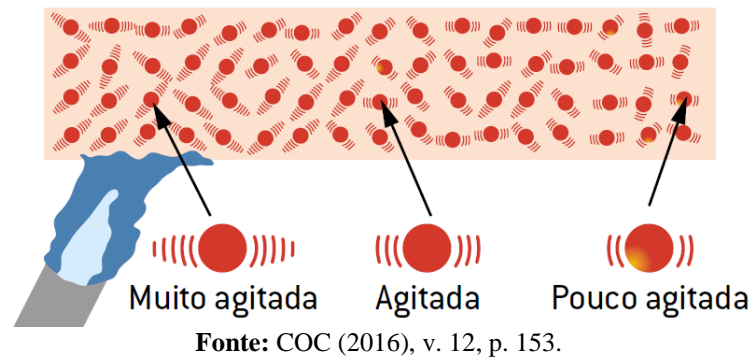
- Quando os corpos são colocados em um calorímetro real, devemos considerar no princípio das trocas de calor a energia absorvida também pelo calorímetro.
- Quando a troca de calor envolve, além de variação na temperatura (calor sensível), mudança de fase, é conveniente, antes da aplicação do princípio das trocas de calor, analisarmos se o calor sensível cedido ou absorvido é suficiente para realizar completamente a mudança de estado.

2.2.5 Processos de Transmissão de Calor

A **transmissão de calor** é a denominação dada a passagem da energia térmica de um corpo para outro ou de uma parte para outra de um mesmo corpo. Essa transmissão pode ocorrer de três maneiras: **condução, convecção e radiação**.

A **condução térmica** é o fenômeno de transferência de calor na qual a energia passa de partícula para partícula, variando seu grau de agitação. Este tipo de transmissão só pode acontecer em um meio material, mas sem que haja movimento de massa. Ocorre tanto em fluidos como em sólidos, sob o efeito de diferenças de temperatura.

Figura 7: Exemplo da condução do calor em uma barra metálica.



Nussenzveig (2002) exemplifica o fenômeno da condução e deduz a equação do fluxo de calor da seguinte maneira: Quando uma panela de água está sobre uma chama, o calor se transmite da chama à água através da parede metálica da panela, por condução. Deste exemplo, pode-se tirar as seguintes leis: a) O calor flui sempre de um ponto 1 a temperatura mais alta para um ponto 2 a temperatura mais baixa. A quantidade de calor ΔQ transportada durante um intervalo de tempo Δt é; b) proporcional à diferença de temperatura $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$; a água ferve mais depressa se a temperatura da chama é mais alta; c) inversamente proporcional à espessura Δx da chapa metálica: quanto mais grosso é o fundo da panela, maior vai ser o tempo para ferver a água. A combinação de b) e c) nos faz concluir que ΔQ é proporcional a $\Delta\theta/\Delta x$, que é chamado de *gradiente de temperatura*; d) proporcional à área A através da qual o calor está fluindo (área do fundo da panela); e) proporcional ao intervalo de tempo Δt .

Portanto, temos que ΔQ é proporcional a $A\Delta t(\Delta\theta/\Delta x)$, ou seja, para a condução de calor através de uma espessura infinitésima dx de um meio durante um tempo dt , têm-se

$$\frac{dQ}{dt} = -kA \frac{d\theta}{dx} \quad (10)$$

onde k é uma constante que determina as características do meio condutor, que se chama de **condutividade térmica** do material. O valor de k sempre é maior que zero, e o sinal ($-$) da equação (10) exprime o fato de que o calor flui de temperaturas mais altas para temperaturas mais baixa, e o gradiente de temperatura $d\theta/dx$ seria negativo, mas terá seu sinal alterado, tornando dQ/dt positivo.

Quanto maior a condutividade térmica, melhor condutor de calor o material será, e conseqüentemente, maior é a corrente térmica fluído por unidade de área, para um dado gradiente de temperatura. A tabela a seguir nos mostra alguns valores de k para algumas substâncias.

Tabela 3: Condutividade térmica de alguns materiais.

Material	k (em kcal/s.m°C)
Cobre	$9,2 \cdot 10^{-2}$
Água	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Madeira	$2 \cdot 10^{-5}$
Vidro	$2 \cdot 10^{-4}$
Flanela	$2 \cdot 10^{-5}$
Ar	$5,7 \cdot 10^{-6}$

Fonte: Adaptado de Nussenzveig (2002), p. 172.

O quanto um material tem facilidade em conduzir calor está relacionado com as ligações atômicas ou moleculares de sua estrutura interna. Sólidos formados por átomos com um ou mais de seus elétrons externos fracamente ligados com seus núcleos, são bons **condutores de calor** (e de eletricidade). Os metais possuem elétrons livres ligados fracamente aos núcleos atômicos, que podem transportar energia facilmente através das colisões pelo metal. Por essa razão, os metais são bons condutores de calor e eletricidade. Lã, vidro, madeira, papel e isopor, por outro lado, são maus condutores de calor, pois seus elétrons estão firmemente ligados com seus átomos. Esses materiais são chamados de **isolantes térmicos** (HEWITT, 2002).

Líquidos, como a água, são geralmente maus condutores de calor, embora possa transmiti-lo por convecção. Os melhores isolantes térmicos são os gases, como o ar. Em dias frios usamos roupas e cobertores para manter a temperatura do corpo agradável. Porém, o que influencia de maneira efetiva na isolação térmica são as camadas de ar que ficam presas entre as camadas de tecido, dificultando também as perdas por convecção. Outro exemplo são os pássaros que eriçam as penas para prender entre elas certa quantidade de ar (**Figura 8**).

Figura 8: Papagaio eriçando as penas.

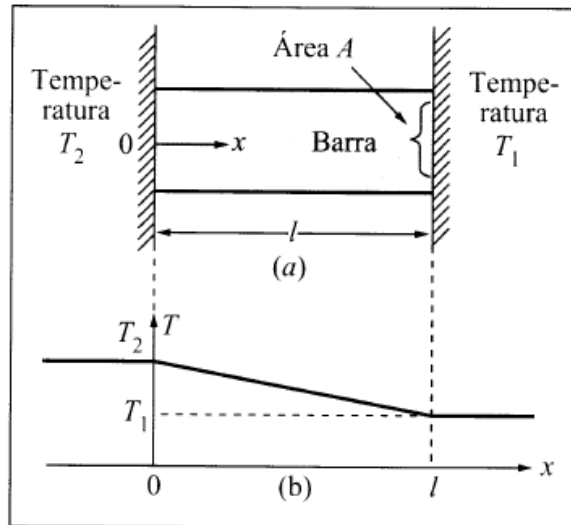
Fonte: COC (2016), v. 12, p. 153.

- *Condução através de uma placa composta:*

Observação: As situações descritas a seguir foram retiradas de Nussenzveig (2002).

Analise a figura abaixo:

Figura 9: Barra homogênea.



Fonte: NUSSENZVEIG (2002), p. 173.

Na figura anterior, temos uma barra homogênea de secção A , comprimento l , e condutividade térmica k , cujas extremidades são mantidas em contato com reservatórios térmicos de temperaturas T_2 e T_1 (**Figura 9 (a)**). Suponha a lateral da barra termicamente isolada.

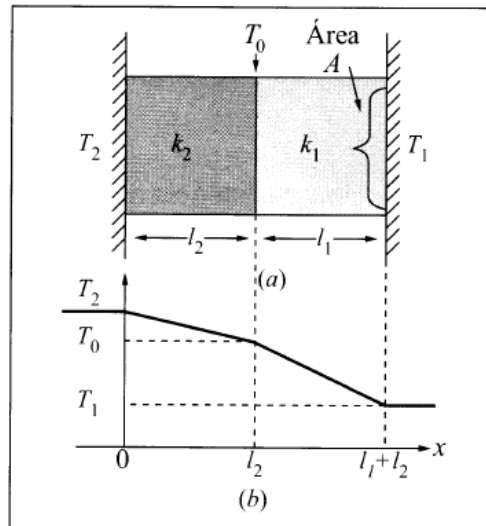
Em regime estacionário, ou seja, quando a temperatura ao longo da barra se torna independente do tempo (T só depende de x (**Figura 9 (b)**)), a corrente térmica dQ/dt não pode depender de x , ou seja, o fluxo de calor por unidade de tempo tem de ser o mesmo através de qualquer secção da barra. Com efeito, se assim não fosse, haveria acumulação (ou rarefação) de calor em determinados pontos, cuja temperatura teria de aumentar (ou diminuir) com o tempo, contrariamente à hipótese. Logo, temos:

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{T_2 - T_1}{l} \quad (11)$$

$$\frac{dQ}{dt} = kA \left(\frac{T_2 - T_1}{l} \right) \quad (12)$$

Agora suponha que trocamos a barra homogênea por outra composta de dois materiais, onde uma das partes tem comprimento l_2 e condutividade térmica k_2 , e a outra com comprimento l_1 e condutividade térmica k_1 , todas com a mesma secção A .

Figura 10: Barra composta.



Fonte: NUSSENZVEIG (2002), p. 173.

A junção entre as duas partes estará a uma temperatura intermediária T_0 (**Figura 10 (a)**), e teremos, em regime estacionário,

$$\frac{dQ}{dt} = k_2 A \left(\frac{T_2 - T_0}{l_2} \right) = k_1 A \left(\frac{T_0 - T_1}{l_1} \right) \quad (13)$$

Eliminando T_0 , chegaremos na seguinte expressão:

$$\frac{dQ}{dt} = A \left(\frac{T_2 - T_1}{l_1/k_1 + l_2/k_2} \right) \quad (14)$$

A distribuição de temperatura correspondente é mostrada na **Figura 10 (b)**.

A equação (14) pode ser generalizada da seguinte maneira

$$\frac{dQ}{dt} = A \left(\frac{T_2 - T_1}{\sum \frac{l}{k}} \right) \quad (15)$$

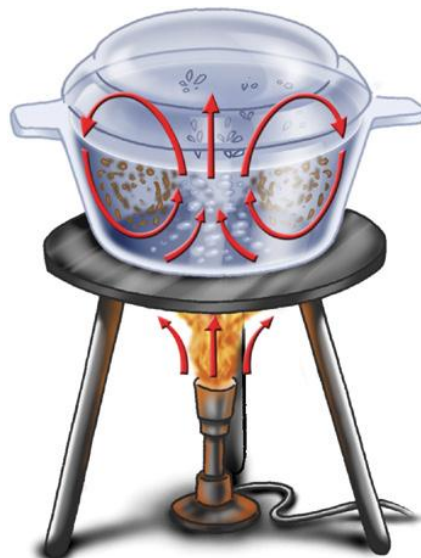
em que o símbolo de somatório indica que devemos somar os valores de l/k de todos os materiais envolvidos.

A **convecção térmica** é um processo de transmissão de calor que ocorre tipicamente num fluido, e se caracteriza pelo fato de que o calor é transferido pelo movimento do próprio fluido, que constitui uma corrente de convecção. Quando aquecemos um fluido, seu volume aumenta, e torna-se menos denso. Sob o efeito gravitacional, o fluido menos denso sobe e o mais denso (frio) desce, ocupando o lugar do menos denso. Dessa forma, o calor passa das regiões de maior temperatura para as de menor temperatura (HEWITT, 2002). Vamos analisar alguns exemplos.

- *Aquecimento por convecção:*

Quando aquecemos uma panela com água para cozinha, as correntes de convecções são geras no interior do líquido, e isto faz com que o calor se distribua por todo o fluido, cozinhando o alimento (**Figura 11**). É por este motivo que não aquecemos alimentos no fogão pela parte de cima.

Figura 11: Correntes de convecção no aquecimento de líquidos.

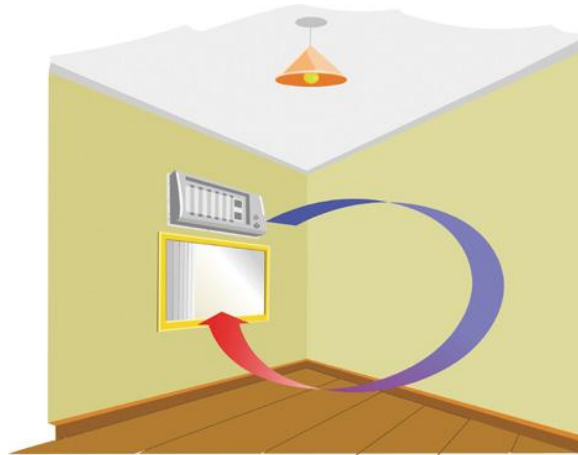


Fonte: COC (2016), v. 12, p. 154.

- *Resfriamento por convecção*

Para o aparelho de ar-condicionado resfriar um local, ele retira calor do ar superior, e este desce para a parte baixa (mais denso), fazendo com que o ar quente (menos denso) suba para ser resfriado pelo condicionador do equipamento (**Figura 12**). É por este motivo que os equipamentos de ar-condicionado devem ser instalados sempre na parte de cima da parede.

Figura 12: Esquema de resfriamento por convecção.



Fonte: COC (2016), v. 12, p. 154.

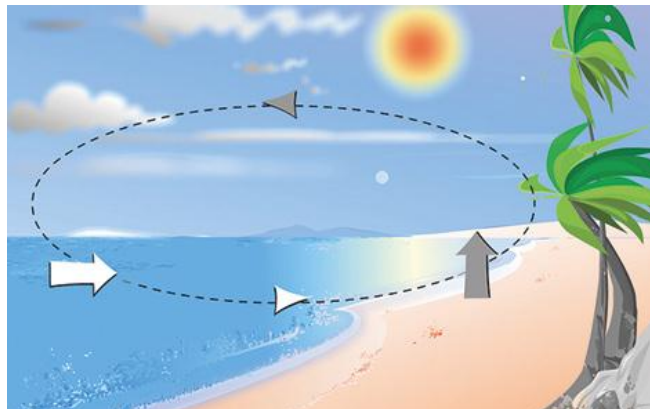
O princípio de funcionamento do ar-condicionado também é o mesmo da geladeira. O congelador, que faz a troca de calor, situa-se em cima. O ar quente, próximo dos alimentos, sobe e o ar frio, que já trocou calor com o congelador, desce. As prateleiras da geladeira devem ser gradeadas ou conter dutos, para permitir a passagem do ar e facilitar a convecção.

- *Brisas litorâneas:*

Em função do seu alto calor específico ($\frac{1 \text{ cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}}$), a água do mar sofre uma pequena variação de temperatura. O solo sofre maior variação de temperatura em relação a água do mar.

Durante o dia, a superfície de terra está mais quente que o mar, então o ar quente do continente sobe e o ar do mar desloca-se para o continente. Esse fenômeno é denominado brisa marítima.

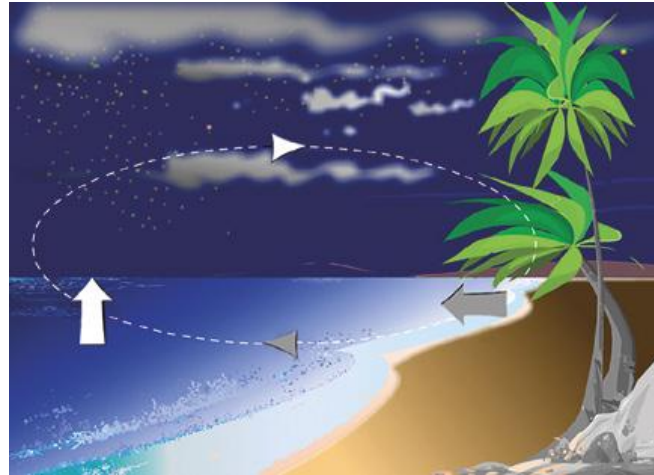
Figura 13: Representação esquemática da brisa marítima.



Fonte: COC (2016), v. 12, p. 155.

Durante a noite, a terra esfria-se rapidamente e o mar torna-se mais quente que ela, então o ar quente sobre o mar sobe e o ar da terra desloca-se para o mar. Esse fenômeno é denominado brisa terrestre ou continental (**Figura 14**).

Figura 14: Representação esquemática da brisa terrestre ou continental.

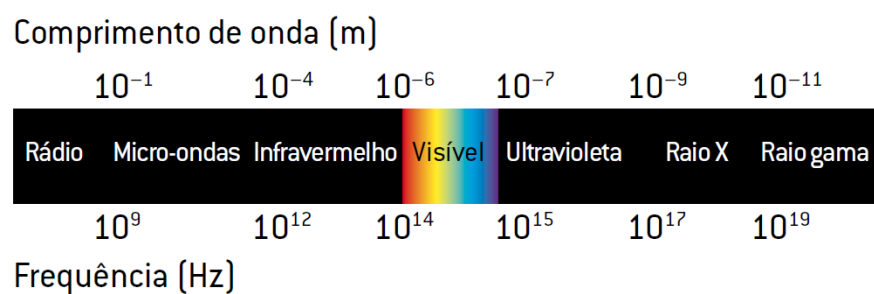


Fonte: COC (2016), v. 12, p. 155.

O último processo de transmissão de calor que veremos nessa seção é o que ocorre por **radiação**.

As trocas de calor entre corpos também podem ser através de ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas que transferem calor são muitas vezes chamadas de **radiação térmica** para diferenciá-la de outros sinais eletromagnéticos, como por exemplo: sinais de transmissões de televisão e da radiação nuclear. A radiação não precisa de um meio material para se propagar. A radiação solar, seja sob a forma de luz visível, seja de radiação infravermelha ou de outras regiões do espectro (**Figura 15**), é uma forma de radiação térmica emitida por uma fonte (o Sol) a temperatura muito elevada e que chega ao nosso planeta pelo vácuo.

Figura 15: Espectro eletromagnético.



Fonte: COC (2017), v. 9, p. 170.

A radiação térmica é emitida por um corpo aquecido, e ao ser absorvida por outro corpo, pode aquecê-lo, convertendo-se em calor. Este calor quando emitido novamente pelo corpo, passa a ser radiação infravermelha, denominadas ondas de calor. Em outras palavras, o calor é uma onda infravermelha que está posicionada abaixo do espectro da luz visível, e, portanto, não pode ser vista a olho nu pelos olhos humanos, mas sim sentida. Existem equipamentos, como binóculos e óculos especiais, que detectam essa radiação em lugares de baixa iluminação, revelando a existência de algum ser vivo neste local. Vale lembrar que alguns animais, diferente dos humanos, conseguem enxergar o infravermelho, e utilizam isso para caçar e prever a presença de predadores. É o caso por exemplo de animais peçonhentos como as cobras, que têm olhos sensíveis a esse tipo de radiação, permitindo-as de caçar suas presas em lugares escuros.

Todos os corpos emitem energia na forma de radiação eletromagnética numa mistura de frequências e correspondentes comprimentos de onda. O Sol tem uma alta temperatura, por este motivo, a radiação emitida tem alta frequência e curto comprimento de onda, bem como ondas de baixa frequência na região do infravermelho. A atmosfera da Terra é transparente a grande parte dessa radiação, especialmente à luz visível, de modo que a radiação solar alcança facilmente a superfície da Terra onde é absorvida. Porém, como a temperatura da superfície terrestre é relativamente mais fria, ela reemite parte desta energia, mas na forma de energia de baixa frequência – principalmente nos comprimentos de onda do infravermelho. Alguns gases na atmosfera absorvem e reemitem grande parte desta radiação de volta para a Terra. Este processo é responsável pelo aquecimento do planeta (HEWITT, 2002).

A taxa (P_{rad}) com a qual um objeto emite energia através da radiação eletromagnética depende da área A da superfície do objeto e da temperatura T , em kelvins, dessa área, e é dada por:

$$P_{rad} = \sigma \varepsilon AT^4 \quad (16)$$

onde $\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} W/m^2 \cdot K^4$ é uma constante física conhecida como **constante de Stefan-Boltzmann**, em homenagem a Josef Stefan (que descobriu a equação (16) experimentalmente em 1879) e Ludwig Boltzmann (que a deduziu teoricamente logo depois); ε representa a **emissividade** da superfície, que pode ter um valor entre 0 e 1, dependendo da composição da superfície. O **corpo negro** possui uma superfície de emissão máxima igual a 1,0, mas este corpo é um limite ideal, e não existe na natureza. Observe que qualquer objeto com temperatura acima de 0 K emite radiação térmica (veja a **Figura 16**) (HALLIDAY, 2009).

Quando a radiação eletromagnética atinge um objeto opaco, parte da radiação é refletida e parte é absorvida. Objetos coloridos refletem boa parte da radiação visível, e os escuros absorvem a maior parte dela. A taxa (P_{abs}) de energia absorvida pelo objeto através da radiação térmica do ambiente, é dada por:

$$P_{abs} = \sigma \varepsilon A T_{amb}^4 \quad (17)$$

onde T_{amb} é a temperatura da fonte de radiação e ε é a emissividade da superfície do objeto que está absorvendo. Percebe-se que o corpo negro por ter $\varepsilon = 1,0$, ele absorve toda a energia eletromagnética que recebe.

Figura 16: Imagem em cores falsas mostra a taxa com a qual a energia é irradiada pelas pessoas. O branco e o vermelho correspondem às maiores taxas; o azul às menores.



Fonte: COC (2017), v. 12, p. 156).

Se um corpo emite energia radiante a uma taxa maior do que absorve, então ele se resfria enquanto sua vizinhança absorve radiação e se aquece. Se o corpo absorve energia radiante a uma taxa maior do que emite, então ele se aquece e sua vizinhança se esfria. Assim, a taxa líquida $P_{líq}$ de troca de energia com o ambiente por radiação térmica é dada por

$$P_{líq} = P_{abs} - P_{rad} = \sigma \varepsilon A (T_{amb}^4 - T^4) \quad (18)$$

Quando um corpo está em equilíbrio térmico com sua vizinhança, a taxa de absorção e emissão de radiação será a mesma.

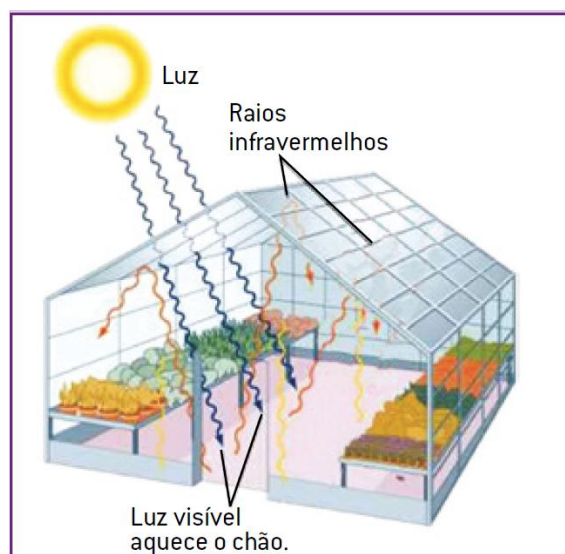
- *Por que alguns materiais emitem luz ao serem aquecidos?*

Quando um objeto é bastante aquecido, ele começa a emitir energia radiante nas faixas do infravermelho e da luz visível. A coloração inicia pelo vermelho, que corresponde a ondas de baixa frequência. Com o aumento contínuo da temperatura, a cor vermelha passa para o laranja, e do laranja para o amarelo, até chegar na luz branca, e podemos ver o objeto “branco de tão quente”. Em outras palavras, os átomos ou moléculas de um material vibram ao receber energia, e reemitem ela em seguida na forma de calor, para diminuir seu estado de agitação. Se a energia fornecida for pequena, após absorve-la, o material emite somente radiação infravermelho. Se a energia fornecida for grande, o objeto emite radiação com frequências cada vez maiores, entrando na faixa de radiação da luz visível. Se o aquecimento continuar após a cor branca, os corpos ficariam azulados. Isto explica o fato das estrelas mais quentes serem azuladas (HEWITT, 2002).

- *Efeito estufa*

Quando deixamos um carro estacionado sob o sol, com os vidros fechados, em poucos minutos a temperatura interna aumenta consideravelmente. Isso acontece porque o vidro comum permite a passagem de luz visível, mas barra a passagem de infravermelho. Assim, a luz branca ao passar pelo vidro, é absorvida pelas partes internas do carro, geralmente escuras, e convertidas em energia térmica na forma de infravermelho, que, por sua vez, não consegue sair pelo vidro. Essa propriedade do vidro ficou conhecida como efeito estufa, por ter sido aplicada, pela primeira vez, em estufas de plantas, como a da figura a seguir:

Figura 17: Esquema do efeito estufa.



Fonte: COC (2018), v. 9, p. 171.

Na Terra também ocorre o efeito estufa, devido à sua atmosfera. Durante o dia a terra recebe irradiação do Sol, que atravessa a atmosfera e aquece a superfície. A presença de vapor de água e dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera impedem que, à noite, a Terra perca uma quantidade exagerada de calor para o espaço, por serem materiais opacos ao infravermelho.

O aumento de poluição por CO_2 provoca um aumento no efeito estufa, podendo aumentar a temperatura do planeta com o passar dos anos.

Uma curiosidade acerca da ilustração apresentada na **Figura 17** é o fato da luz visível passar pelo vidro, e a radiação infravermelha ou ultravioleta, não. Já se perguntou o porquê disto?

A explicação para a passagem da luz pelo vidro está relacionada com a frequência de vibração dos elétrons dos átomos desse material. Quando a luz se transmite através da matéria, alguns dos elétrons são forçados a oscilar. Dessa maneira, as oscilações do emissor são transformadas em oscilações no receptor. Assim, a forma como o material irá responder à incidência da luz depende da frequência da própria luz e da frequência natural dos elétrons no material. Cada tipo de átomo ou molécula possui sua própria frequência natural. Os elétrons dos átomos de vidro possuem uma frequência natural de vibração pertencente a faixa do ultravioleta. Portanto, quando ondas ultravioletas incidem sobre o vidro, ocorre a ressonância e as vibrações dos elétrons alcançam grandes amplitudes. A energia recebida pelos átomos de vidro ou é reemitida ou transferida para seus vizinhos por meio de colisões, devido ao longo período que os átomos do material retêm consigo a energia ultravioleta (cerca de 100 milionésimos de segundo). Durante o tempo de retenção, os átomos executam oscilações, que através dos choques, dissipa a energia na forma de calor. Logo, o vidro não é transparente à radiação ultravioleta (HEWITT, 2002).

Em frequências de onda mais baixas, na faixa da luz visível, os elétrons do vidro são postos em vibração, mas com uma amplitude menor. Os átomos retêm a energia por menos tempo, havendo menor chance de colisões com a vizinhança, e conseqüentemente, menos transferência de energia na forma de calor. A energia dos elétrons oscilantes é reemitida como luz. Portanto, o vidro é transparente a todas as frequências da radiação visível. A frequência da luz que passa de átomo para átomo é a mesma da luz que iniciou o processo de oscilação. Porém, existe pequeno atraso entre a absorção e remissão (HEWITT, 2002).

Quando as ondas são da faixa do infravermelho, a vibração vai ocorrer nos elétrons e nos átomos ou moléculas da estrutura do vidro. Essas vibrações aumentam a energia interna e a temperatura da estrutura, fazendo com que o material aqueça. Desta forma, o vidro é opaco as ondas de infravermelho (HEWITT, 2002).

3 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste momento, faremos uma descrição mais detalhada do aplicativo desenvolvido para auxiliar no ensino de Calorimetria. A descrição iniciará com as informações dos programas usados para a construção do produto educacional, e seguirá explicando partes do aplicativo que foram abordadas nas aulas de aplicação. Também serão feitos alguns comentários e atitudes que o educador poderá utilizar nos momentos de discussões acerca das ideias apresentadas nas imagens, animações e simulações do aplicativo. Esta dinâmica está além dos textos presentes no aplicativo, e servirão para motivar a curiosidade dos alunos e levá-los a uma reflexão sobre o funcionamento interativo do aplicativo e a relação existente entre a mídia analisada e os conhecimentos físicos do dia a dia do aluno.

Outras informações relevantes, assim como a estrutura completa do produto, podem ser analisadas diretamente no aplicativo. O *link* para download está exposto no **Apêndice V** deste documento.

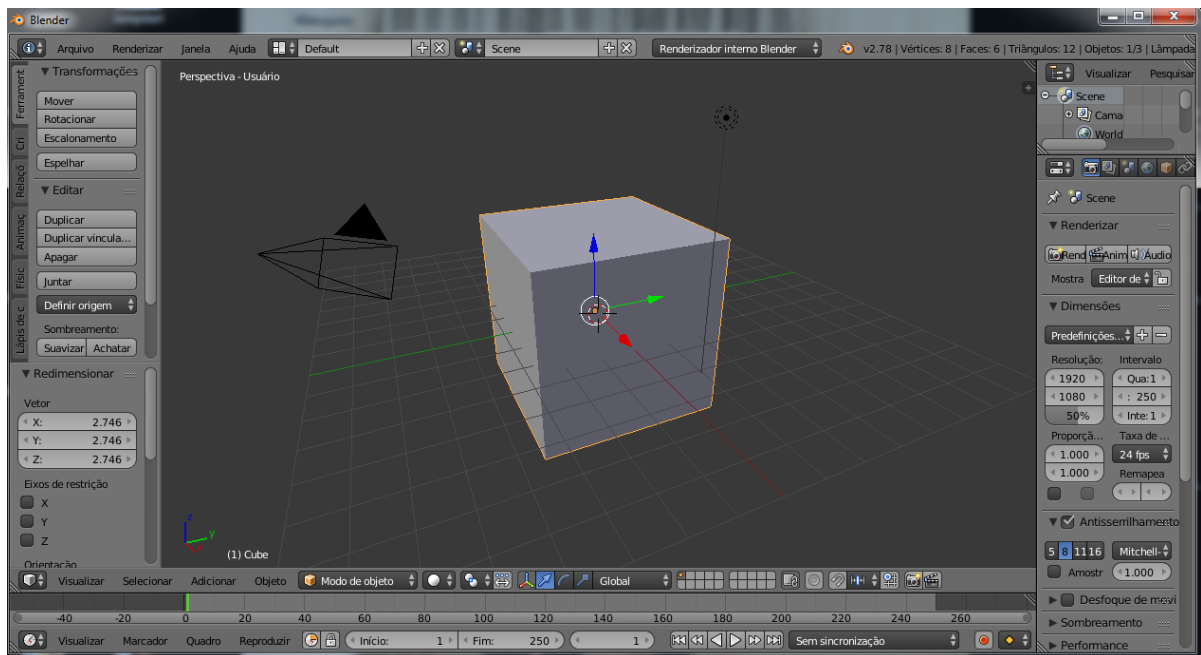
3.1 Programas Usados na Construção do Produto Educacional

A construção do aplicativo iniciou com a escolha do tema que este iria apresentar. O assunto escolhido foi o de Calorimetria, devido sua relevância para as provas de vestibulares, e pela riqueza de exemplos do dia a dia que poderiam ser abordados em forma de mídias digitais para chamar mais atenção dos alunos. Após esta etapa, o conteúdo foi redigido em documento *Word*, baseado em textos selecionados de livros didáticos do ensino médio e cursinho pré-vestibular. Neste momento também foram feitas as ideias iniciais sobre as simulações que iriam ser construídas posteriormente.

Os programas utilizados para a construção do aplicativo foram: *Blender*, *Ionic*, *Cordova* e *Visual Studio Code*.

O programa *Blender* (**Figura 18**) é um programa gratuito usado principalmente para a criação de modelos em três dimensões (3D), mas que tem a capacidade de fazer mais do que isso, como, por exemplo, animações e jogos. Com o *Blender* você pode criar mundos virtuais, casas, objetos com aparências realistas, assim como jogos sofisticados e até filmes totalmente animados (POGGETTI, 2016). Este programa foi usado para criar as animações e simulações interativas do aplicativo educacional.

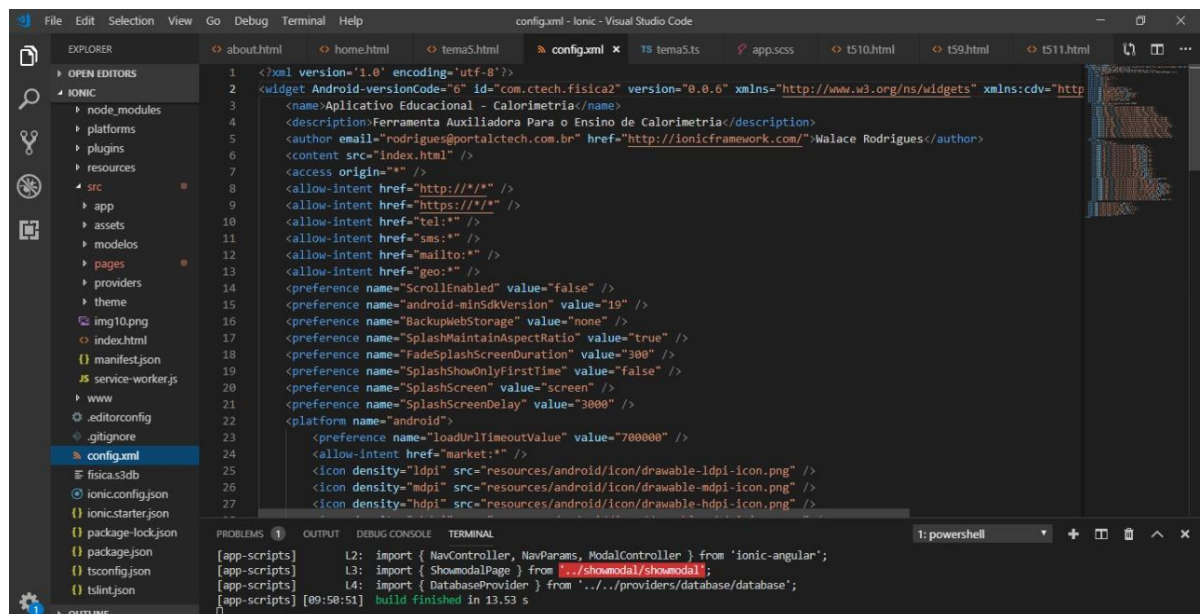
Figura 18: Interface inicial do programa Blender.



Fonte: O autor (2019).

A *Visual Studio Code* (vamos usar VSCode) é um editor de código-fonte gratuito criado pela empresa Microsoft® para ser usado nos sistemas operacionais Windows, MacOS e Linux. Este programa mescla algumas funcionalidades relacionadas à plataformas de organização e edição de código, dedicando sua funcionalidade à otimização de linhas, fazendo com que os *softwares* sejam mais leves, eficientes e compatíveis com diferentes plataformas (HAMANN, 2016). Sua interface é exibida na figura a seguir:

Figura 19: Interface do programa Visual Studio Code.



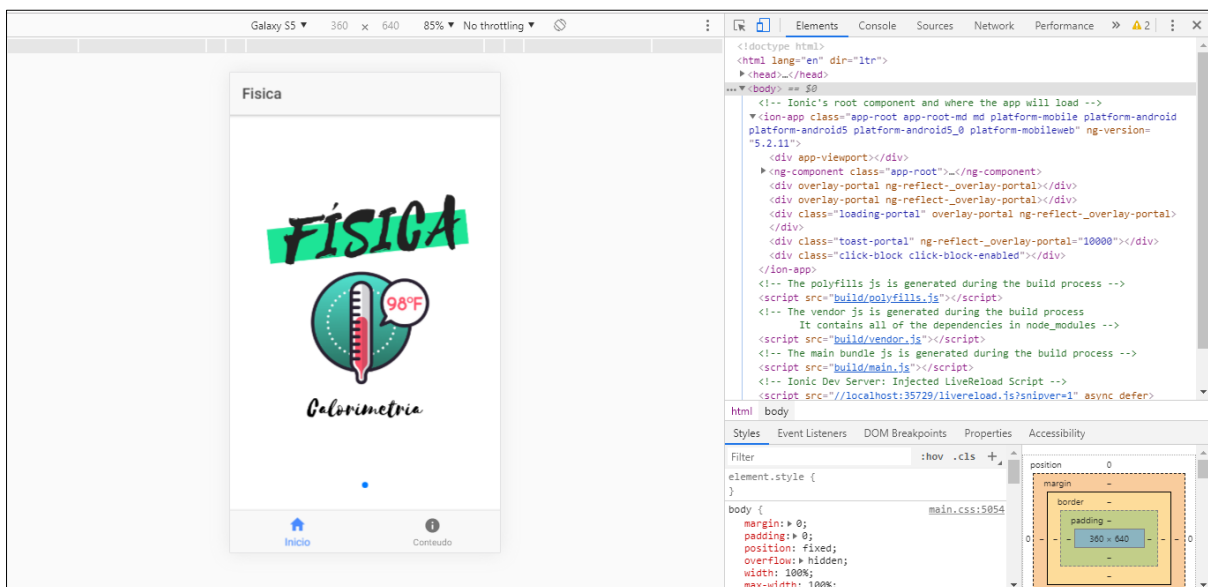
Fonte: O autor (2019).

O *Ionic* é uma ferramenta computacional gratuita criada para o desenvolvimento de aplicativos móveis híbridos (possuem um único código fonte que pode ser usado em diferentes plataformas) (ABRANCHES, 2018). Esta ferramenta é responsável pela criação da parte visual do aplicativo, ou seja, de como o aplicativo será exibido ao usuário final. Já o *Cordova* é a ferramenta, também gratuita, responsável pelo desenvolvimento do aplicativo para ser usado nos sistemas operacionais dos aparelhos móveis, ou seja, ele é quem cria o instalador do aplicativo para ser fornecido nas lojas dos sistemas operacionais.

O VSCode foi utilizado nesta pesquisa para a criação e edição dos códigos responsáveis pela construção do aplicativo educacional. Neste programa foram decididas como ficaria formada a estrutura dos textos, menu, figuras, animações e atividades interativas presentes no produto educacional, baseado em cada aba de exibição do aplicativo. O VSCode pode executar diferentes linguagens-código, também compatíveis com o *Ionic* e *Cordova*. Assim, através do próprio VSCode, pode-se executar os códigos no *Ionic*, onde este último exibe os códigos transformando-os em interfaces finais de exibição do aplicativo (**Figura 20**).

Com os códigos finalizados e visualizados no *Ionic*, executa-se o *Cordova* também pelo próprio VSCode e gera-se o instalador para o sistema operacional desejado.

Figura 20: Interface da ferramenta Ionic gerando a imagem inicial do aplicativo educacional.



Fonte: O autor (2019).

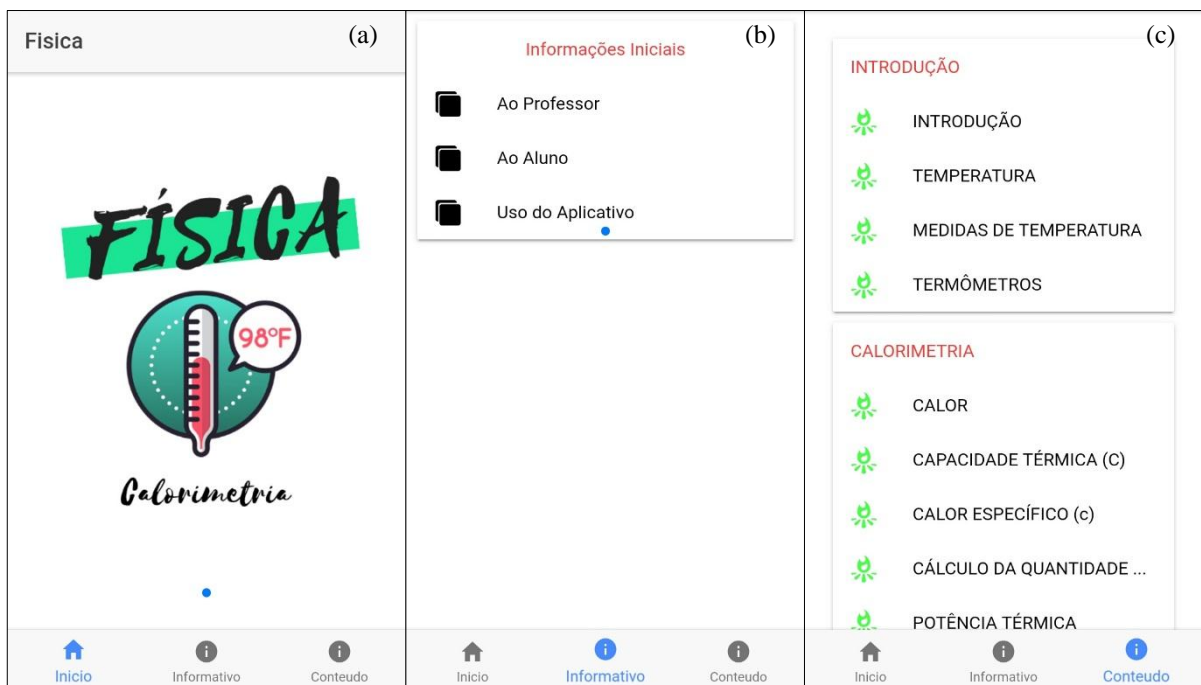
Além do autor e orientador deste trabalho, a construção do aplicativo contou com a participação de um discente de iniciação científica da Faculdade de Computação e Engenharia Elétrica (FACEEL) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (UNIFESSPA). A

socialização do conhecimento entre os membros desse grupo de pesquisa, refletiu-se no produto educacional que será descrito na seção seguinte.

3.2 O Aplicativo Educacional

Após a instalação em *smartphone*, o aplicativo educacional exibe como página inicial a interface mostrada na **Figura 21.a**.

Figura 21: a) Página inicial do aplicativo, b) informações iniciais e c) menu.



Fonte: O autor (2019).

Na interface inicial se faz presente três *links*: início, informativo e conteúdo. Se o usuário, em qualquer parte do aplicativo, clicar no *link* “início” ele será direcionado para a aba inicial apresentada na **Figura 21.a**. Quando o *link* “informativo” for acionado, o usuário será direcionado para uma aba contendo três textos informativos em outros três *links*, como mostrados na **Figura 21.b**. O primeiro texto é uma mensagem direcionada ao professor, onde é ressaltada a importância deste profissional no processo de ensino-aprendizagem e alguns conselhos sobre a forma como ele deve conduzir a dinâmica do ensino em sala de aula, utilizando o aplicativo educacional. O segundo *link* contém uma mensagem ao aluno, onde o autor enfatiza o discente como fator motivacional principal para a construção do aplicativo. O terceiro *link* aborda explicações sobre o uso do aplicativo, onde são mostradas as informações

sobre a estrutura das abas, dos exercícios, e o que deve ser feito para avançar em cada etapa ao longo dos conteúdos exibidos.

No *link* “conteúdo” são mostrados os assuntos que compõem o aplicativo (**Figura 21.c**). O primeiro conteúdo a ser trabalho é o de Temperatura (**Figura 22.a**). Apesar do aplicativo ser voltado para o ensino de Calorimetria, foi introduzido em sua estrutura o tema Temperatura para ser utilizado em momentos de revisão com intuito de enriquecer os conhecimentos dos alunos para auxiliá-los melhor na diferenciação dos conceitos de Temperatura e Calor. O professor poderá escolher em utilizar ou não o assunto introdutório como revisão. Após a execução desta revisão, o próximo conteúdo é o de Calor (**Figura 22.b**).

Figura 22: a) conteúdo sobre calor e b) capacidade térmica.

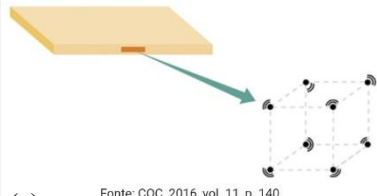
(a)

Definição: A temperatura de um corpo é uma grandeza relacionada ao “grau” médio de vibração das partículas que o compõem. Ao aquecer um corpo, suas partículas internas vibram mais, e ao esfriar o corpo, a vibração diminui.

Em geral, os corpos são formados de moléculas e estas, formadas de átomos. Dizemos que os corpos são constituídos de partículas.

As partículas que formam um corpo estão em constante vibração; portanto, elas são dotadas de uma energia de vibração denominada energia térmica.

Figura: Representação esquemática da vibração dos átomos de uma placa.



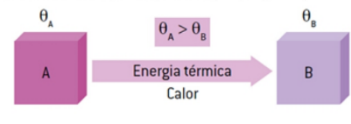
Fonte: COC, 2016, vol. 11, p. 140.

(b)

CALOR (Q)

No cotidiano, é comum as pessoas usarem o termo calor para se referir à temperatura, porém eles são conceitos físicos distintos. Por definição, calor é a energia que se transfere espontaneamente de um corpo com temperatura maior para um corpo com temperatura menor. Dessa forma, só existe calor enquanto houver diferença de temperatura entre os corpos

Figura: Enquanto o corpo A transfere calor para o B, a temperatura de A diminui, e a de B, aumenta. Isso ocorre até que as temperaturas se igualem, atingindo o equilíbrio térmico



COC, 2017, vol. 8, p. 174

Por razões históricas a unidade de calor pode ser dada em caloria (cal). Porém, no Sistema Internacional, a quantidade de calor é medida em joule

Fonte: O autor (2019).

Com relação ao uso do aplicativo durante as aulas, o professor deve fornecer um tempo para que os alunos leiam os conteúdos presentes em cada aba do aplicativo. A quantidade de tempo fornecida varia de aba para aba, e de aluno para aluno, ficando a cargo do professor esta estipulação de acordo com o desenvolvimento da aula.

Para fortalecer o conteúdo de Calor, pode-se exemplificar situações do dia a dia, como por exemplo, um metal aquecido ao ser introduzido na água, ou quando nos queimamos ao tocarmos materiais quentes. Se o aluno sabe que um material em alta temperatura pode queimar outros objetos e podem esfriar ao serem introduzidos na água, esses conhecimentos podem servir com ponto de partida para a aprendizagem do conteúdo de calor. Se além disso ele souber que existe uma energia sendo transferida, as situações tratadas anteriormente serão apenas exemplos daquilo que ele já sabe sobre o processo de transferência de calor.

Curiosidades e exemplos adicionais são colocados em *links* denominados “saber mais”. Para ver o conteúdo, o aluno precisa clicar em cima, e depois será direcionado para outra aba do aplicativo. Curiosidade sobre Joule e característica do aquecimento e resfriamento da água, são alguns dos conteúdos presentes nesses *links*. Para passar de aba basta clicar na região azul “**PRÓXIMO**”, e uma nova aba será mostrada, ou o aluno será direcionado para o menu inicial, caso o assunto que eles estavam vendo tenha sido encerrado (**Figura 23**).

Figura 23: link saber mais e botão passador de abas.



Fonte: O autor (2019).

O exemplo da água citado no parágrafo anterior será exibido após o conteúdo de Calor Específico (**Figura 24.a**), e neste ponto, o professor deve fazer uma discussão sobre as características da água ao ser aquecida ou resfriada (**Figura 24.c**), com base em seu calor específico e nos de outros materiais (**Figura 24.b**). É esperado que os alunos tenham noção de que o metal aquece mais rápido do que a água, e que a leitura presente na **Figura 24.c** possa fornecer subsídios para a justificativa desse fenômeno. Pode-se também relacionar o aquecimento do metal a outros elementos da tabela da **Figura 24.b**.

Figura 24: a) conteúdo de calor específico, b) Tabela com calores específicos de algumas substancias e c) água e seu alto calor específico.

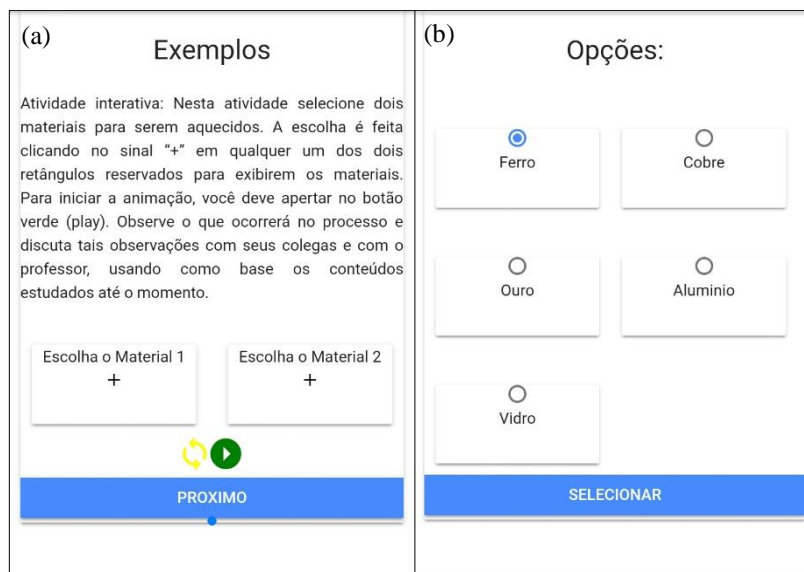
<p>(a) CALOR ESPECÍFICO (c)</p> <p>O calor necessário para aquecer uma determinada quantidade de massa, não é o mesmo para aquecer uma quantidade maior de massa deste mesmo material. Podemos dizer que a capacidade térmica é diretamente proporcional à massa do corpo, ou seja, quanto maior a massa, maior a capacidade térmica. A razão entre a capacidade térmica e a massa do corpo recebe o nome de calor específico. Assim:</p> $c = \frac{C}{m}$ <p>Sua unidade é escrita usualmente como:</p>	<p>* O calor específico é característica da substância que compõe o corpo. Portanto, cada substância possui o seu calor específico.</p> <p>Figura: Tabela de alguns valores de calor específico.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Substância</th> <th>Calor específico (cal/g °C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Água</td><td>1,0</td></tr> <tr><td>Alcool</td><td>0,6</td></tr> <tr><td>Alumínio</td><td>0,22</td></tr> <tr><td>Air</td><td>0,24</td></tr> <tr><td>Carbono</td><td>0,12</td></tr> <tr><td>Chumbo</td><td>0,031</td></tr> <tr><td>Cobre</td><td>0,091</td></tr> <tr><td>Ferro</td><td>0,11</td></tr> <tr><td>Gelo</td><td>0,5</td></tr> <tr><td>Hélio</td><td>1,25</td></tr> <tr><td>Hidrogênio</td><td>3,4</td></tr> <tr><td>Látão</td><td>0,092</td></tr> <tr><td>Madeira</td><td>0,42</td></tr> <tr><td>Mercúrio</td><td>0,033</td></tr> <tr><td>Nitrogênio</td><td>0,25</td></tr> <tr><td>Ouro</td><td>0,032</td></tr> <tr><td>Oxigênio</td><td>0,22</td></tr> <tr><td>Prata</td><td>0,056</td></tr> <tr><td>Rochas</td><td>0,21</td></tr> <tr><td>Vidro</td><td>0,16</td></tr> </tbody> </table> <p>Fonte: COC, 2017, vol. 8, p. 175.</p> <p>(b)</p>	Substância	Calor específico (cal/g °C)	Água	1,0	Alcool	0,6	Alumínio	0,22	Air	0,24	Carbono	0,12	Chumbo	0,031	Cobre	0,091	Ferro	0,11	Gelo	0,5	Hélio	1,25	Hidrogênio	3,4	Látão	0,092	Madeira	0,42	Mercúrio	0,033	Nitrogênio	0,25	Ouro	0,032	Oxigênio	0,22	Prata	0,056	Rochas	0,21	Vidro	0,16	<p>(c) Saber mais:</p> <p>A água possui um dos maiores calores específicos conhecidos, e isso implica em aquecê-la ou resfriá-la. Com base nisto, certa quantidade de água ao receber energia do Sol, sofre pequenas variações em sua temperatura, em comparação com outros corpos situados em sua vizinhança. Ainda pelo mesmo motivo, quando o sol se põe, os corpos ao redor e a água começam a liberar o calor que receberam durante o dia, e o resfriamento da água é mais lento do que os outros corpos na vizinhança. Em contramão a água, a areia possui um calor específico muito pequeno, fazendo com que este tipo de material se aqueça e esfrie com facilidade. Por isso, nos desertos, embora os dias sejam muito quente, as noites costumam ser frias. A água também é usada para manter a refrigeração de máquinas, tais como radiadores de automóveis, já que devido ao seu calor específico alto, consegue manter a temperatura do motor em faixas seguras em relação a outros líquidos com calores específicos menores. Outro exemplo que podemos notar são as brisas marítimas, em que o ar</p>
Substância	Calor específico (cal/g °C)																																											
Água	1,0																																											
Alcool	0,6																																											
Alumínio	0,22																																											
Air	0,24																																											
Carbono	0,12																																											
Chumbo	0,031																																											
Cobre	0,091																																											
Ferro	0,11																																											
Gelo	0,5																																											
Hélio	1,25																																											
Hidrogênio	3,4																																											
Látão	0,092																																											
Madeira	0,42																																											
Mercúrio	0,033																																											
Nitrogênio	0,25																																											
Ouro	0,032																																											
Oxigênio	0,22																																											
Prata	0,056																																											
Rochas	0,21																																											
Vidro	0,16																																											

Fonte: O autor (2019).

A **Figura 25** apresentam a primeira atividade interativa do aplicativo. Esta consiste em selecionar dois materiais para serem aquecidos. A escolha é feita clicando no botão “+” (**Figura 25.a**) em qualquer um dos dois retângulos reservados para exibirem os materiais. Por exemplo, foi escolhido como primeiro material o ferro, e como segundo o alumínio (**Figura 26.a**):

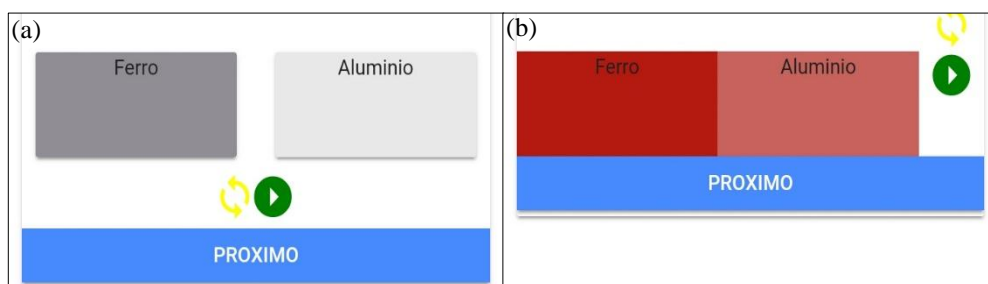
Para iniciar a animação, o aluno deve apertar no botão verde (*play*) e ele observará que os materiais começam a ficarem vermelhos (**Figura 26.b**), mas o ferro primeiro que o alumínio. Dessa forma, o professor pode fazer perguntas para os alunos com base no que foi aprendido sobre calor específico das substâncias. Por exemplo, o professor poderá perguntar: qual dos materiais possui o maior e o menor calor específico? Se o aluno aprendeu o conteúdo de forma significativa, ele irá responder à pergunta com base, principalmente, no texto apresentado sobre a água e seu alto calor específico (**Figura 24.c**). Caso contrário, o professor terá que fazer uma breve explicação do fenômeno apresentado na atividade interativa, explicando que o ferro fica vermelho primeiro porque ele possui um calor específico menor que o do alumínio.

Figura 25: a) atividade interativa, b) seleção do ferro e c) seleção do alumínio, respectivamente.



Fonte: O autor (2019).

Figura 26: a) materiais selecionados e b) início do aquecimento.

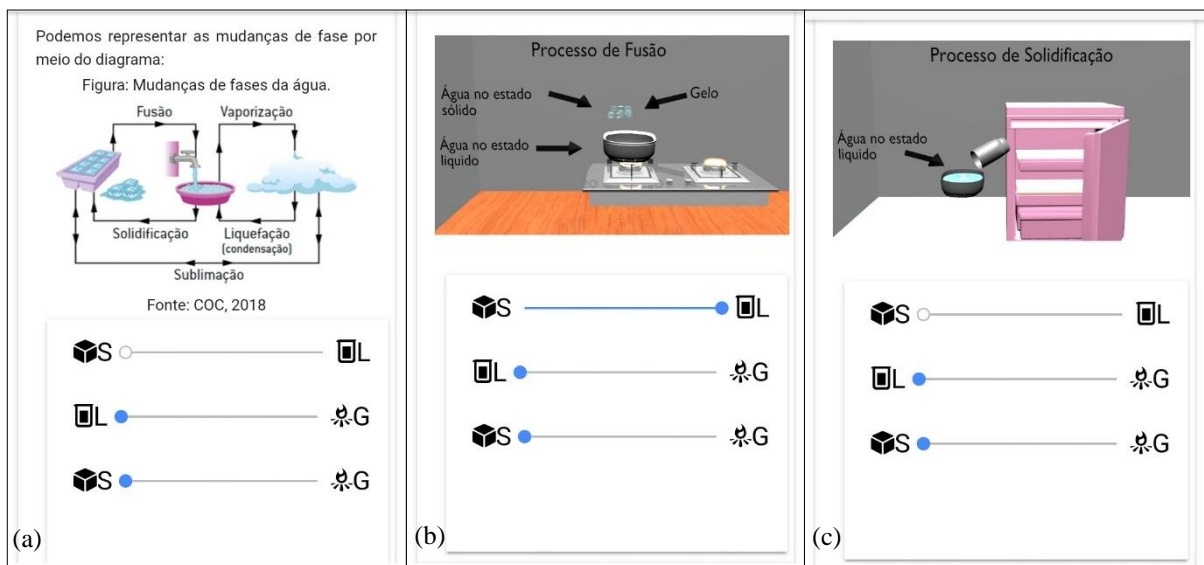


Fonte: O autor (2019).

Ainda sobre esta última atividade, o professor também poderá estimular a curiosidade dos alunos com a seguinte pergunta: Por que os metais mudam de cor ao serem aquecidos? O intuito da pergunta, primeiramente, não é obter uma resposta satisfatória baseada em princípios físicos, mas sim levar os alunos a imaginarem situações do dia a dia em que este caso ocorre, como por exemplo, a faca ou colher sendo aquecida nas chamas de um fogão. A resposta para esta pergunta está nos conteúdos de transferência de calor por irradiação. E neste momento, o professor fará uma explicação indireta sobre este fenômeno, e espera-se que a pergunta feita anteriormente seja lembrada, de preferência pelos alunos. Se isto acontecer, é porque houve um alargamento na ideia inicial, pois subentende-se que o aluno já sabe que metais e outros materiais mudam de cor ao serem aquecidos, e passarão a entender o motivo disto acontecer.

No conteúdo de mudança de fase há mais uma atividade interativa (**Figuras 27 e 28**), onde é apresentado um conjunto de animações que exemplificam as mudanças de fases da água. Ao final da **Figura 28.a** temos as letras S, L e G, que significam sólido, líquido e gasoso, respectivamente. Os exemplos foram construídos baseados em situações simples do dia a dia dos alunos.

Figura 27: a) diagrama de fases da água e atividade interativa, b) água no estado sólido colocada numa panela ao fogo e c) recipiente com água introduzido na geladeira.

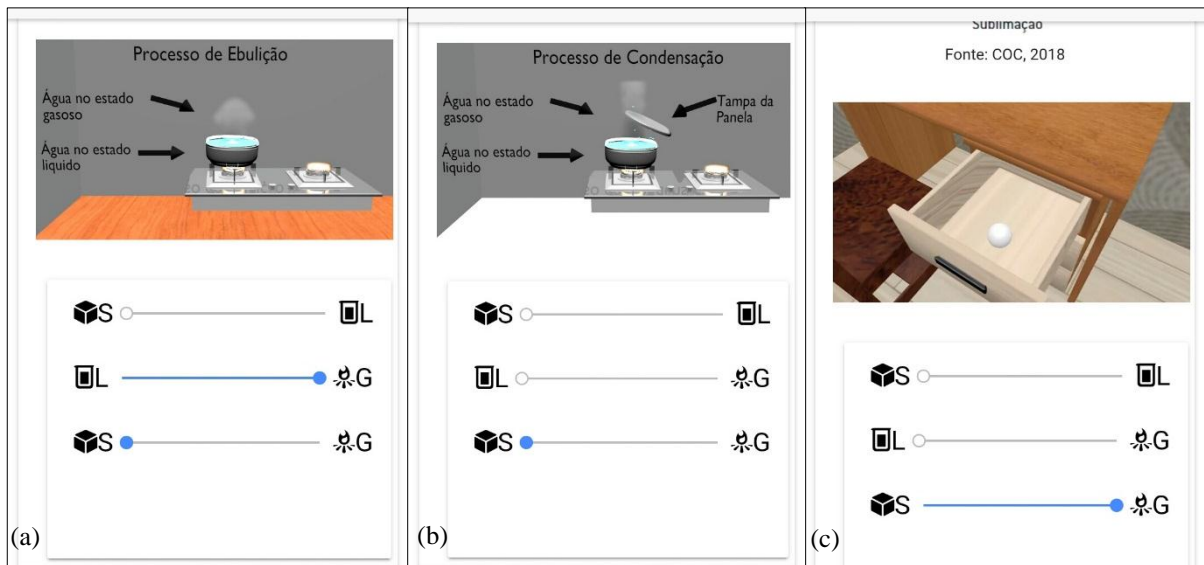


Fonte: O autor (2019).

A atividade consiste em movimentar a bolinha branca da esquerda para direita, e da direita para esquerda. Sempre iniciará o processo da esquerda para a direita. No exemplo da **Figura 27.b**, a bolinha foi arrastada do S para o L e, neste momento, uma tela abre-se e mostra uma simulação do gelo sendo introduzido em uma panela aquecida pelas chamas de um fogão.

Depois de alguns instantes, o gelo vira líquido. Se a bolinha for trazida novamente para a esquerda, temos outra animação que nos mostra a mudança de fase do líquido para o sólido, que consiste em adicionar água líquida em um recipiente e lavá-lo à geladeira (**Figura 27.c**). Depois, o recipiente sai da geladeira exibindo o gelo. As demais simulações são mostradas na **Figura 28**.

Figura 28: a) processo de ebulição da água, b) processo de condensação da água e c) processo de sublimação da Naftalina.



Fonte: O autor (2019).

Após o estudo de “calor latente”, espera-se que a nova ideia crie laços com os conhecimentos já adquiridos durante o estudo de mudança de fase, tudo isso de maneira autônoma, na mente do próprio aluno. As modificações do conhecimento ocorrerão de acordo com que eles comecem a perceber o motivo da temperatura não sofrer alteração durante a mudança de fase. O processo se prolonga e adentra a condução de calor onde, por exemplo, eles perceberão o motivo do vapor d’água condensar com facilidade na tampa metálica da panela, o motivo do aço ser mais frio do que a madeira, o porquê de usarmos plástico ou madeira para revestir cabos de panelas metálica, e etc. Durante todas essas etapas, é esperado que os alunos tenham notado que o calor não se propaga de uma só forma. Esta ideia não precisa estar bem formulada, com todos os detalhes físicos do fenômeno, basta que seu vestígio esteja presente no subconsciente do aprendiz. Isto servirá de âncora para os estudos de transmissão de calor por convecção e irradiação térmica, onde através da relação entre as novas ideias e as presentes na estrutura cognitiva do aluno, poderá ocorrer um alargamento no significado de transferência de calor.

Outras situações abordadas no aplicativo com intuito de relacionar os conteúdos com o dia a dia dos alunos são exibidas na **Figura 29**, onde são mostrados o funcionamento do ar-condicionado, as partes que compõe a garrafa térmica e um garoto com febre. Essas mídias digitais podem ajudar os alunos a refletirem e auxiliá-los na absorção dos conhecimentos durante as aulas, pois quanto mais relacionamos os fatos ao contexto do aluno, maior serão as chances de atingirmos a aprendizagem significativa desse indivíduo.

Figura 29: a) simulação ar-condicionado, b) garrafa de café desmontada e c) garoto com febre.



Fonte: O autor (21019).

3.2.1 Organização dos Exercícios

Neste momento será mostrado como está estruturado os exercícios do aplicativo educacional. Serão utilizados como exemplos os primeiros exercícios do aplicativo, que abrangem os conteúdos de calor, capacidade térmica, calor específico, calor sensível e potência térmica. As características organizacionais desta primeira sequência de exercícios são as mesmas presentes nas demais.

O primeiro exercício que temos é o “Exercício Resolvido 01” (**Figura 30.a**), e sua resposta se prolonga até a **Figura 30.b**. Nesta atividade o aluno terá um tempo para ler e interpretar o comando e resposta da questão. O próximo exercício é o “Exercício Prático 01” (**Figura 30.c**), que consiste em uma atividade para o aluno resolver em classe, baseado nos assuntos estudados até o momento. Em seguida, temos o “Exercício proposto 01” (**Figura 31.a**), que corresponde a um problema mais complexo, que será feito em classe pelo professor.

De forma geral, o docente poderá intervir a qualquer momento, e em qualquer exercício, para auxiliar os alunos em dúvidas que podem surgir durante a leitura e resolução de problemas.

Figura 30: a) exercício resolvido 01, b) continuação do exercício resolvido 01 e c) exercício prático 01.

<p>(a) EXERCÍCIO RESOLVIDO 01:</p> <p>Um forno de micro-ondas fornece uma potência de 200 cal/s. Colocam-se, nesse forno, 200mL de água a 15°C. Qual será a temperatura da água após 50s de funcionamento, considerando que toda a energia fornecida pelo forno é absorvida pela água?</p> <p>Dados: $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ e $d_{\text{água}} = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$</p> <p>Resolução:</p> <p>Sendo a potência do forno igual a 200 cal/s, em 50s de funcionamento, a energia fornecida pelo forno é:</p> $Q = P \cdot \Delta t = 200 \cdot 50 = 10000 \text{ cal}$ $\Delta \theta = 50^\circ\text{C}$ $Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta$ $m = d \cdot V$ $10000 = 1.200 \cdot 1 \cdot (\theta - 15)$	<p>(b) após 50s de funcionamento, considerando que toda a energia fornecida pelo forno é absorvida pela água?</p> <p>Dados: $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$ e $d_{\text{água}} = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$</p> <p>Resolução:</p> <p>Sendo a potência do forno igual a 200 cal/s, em 50s de funcionamento, a energia fornecida pelo forno é:</p> $Q = P \cdot \Delta t = 200 \cdot 50 = 10000 \text{ cal}$ $\Delta \theta = 50^\circ\text{C}$ $Q = m \cdot c \cdot \Delta \theta$ $m = d \cdot V$ $10000 = 1.200 \cdot 1 \cdot (\theta - 15)$ $\theta = 65^\circ\text{C}$	<p>(c) EXERCÍCIO PRÁTICO 01:</p> <p>(UECE) A energia necessária para aquecer uma certa massa de água é a mesma nos seguintes casos:</p> <p>A. 2 kg, de 20 °C para 23° C, ou 3 kg, de 20 °C para 23 °C.</p> <p>B. 1 kg, de 20 °C para 21° C, ou 2 kg, de 20 °C para 22 °C.</p> <p>C. 2 kg, de 20 °C para 23° C, ou 3 kg, de 20 °C para 22 °C.</p> <p>D. 1 kg, de 20 °C para 21° C, ou 3 kg, de 20 °C para 23 °C.</p> <p style="text-align: center;">PROXIMO</p>
--	--	--

Fonte: O autor (2019).

Figura 31: a) exercício proposto 01, b) continuação do exercício proposto 01 e c) informação fornecida pelo aplicativo para respostas erradas de questões.

<p>(a) EXERCÍCIO PROPOSTO 01:</p> <p>(PUC-PR) No seu movimento de translação ao redor do Sol, a Terra recebe 1410 W/m² de intensidade de energia, medição feita numa superfície normal (em ângulo reto) com o Sol. Disso, aproximadamente 19% é absorvido pela atmosfera e 35% é refletido pelas nuvens. Ao passar pela atmosfera terrestre, a maior parte da energia solar está na forma de luz visível e luz ultravioleta.</p> <p>Usina Ecolétrica. Energia Solar. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/energia_solar/energia_solar.html>. Acesso em: mar. 2017.</p> <p>Uma placa de aquecimento solar de eficiência 20% e 1m², funcionando por 1h, é capaz de variar a temperatura de 3,6 litros de água em aproximadamente</p> <p>Dados: calor específico da água $c=4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; densidade da água $d=10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$.</p>	<p>(b) Uma placa de aquecimento solar de eficiência 20% e 1m², funcionando por 1h, é capaz de variar a temperatura de 3,6 litros de água em aproximadamente</p> <p>Dados: calor específico da água $c=4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; densidade da água $d=10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$.</p> <p>Alternativas:</p> <p>A) 12 °C <input type="radio"/></p> <p>B) 31 °C <input type="radio"/></p> <p>C) 75 °C <input type="radio"/></p> <p>D) 98 °C <input type="radio"/></p> <p>E) 121 °C <input type="radio"/></p> <p style="text-align: center;">SUBMETER</p>	<p>(c) Uma placa de aquecimento solar de eficiência 20% e 1m², funcionando por 1h, é capaz de variar a temperatura de 3,6 litros de água em aproximadamente</p> <p>Dados: calor específico da água $c=4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$; densidade da água $d=10^3 \text{ kg}/\text{m}^3$.</p> <p style="text-align: center;">RESULTADO</p> <p>Resposta Errada</p> <p style="text-align: center;">OK</p> <p>D) 98 °C <input type="radio"/></p> <p>E) 121 °C <input type="radio"/></p> <p style="text-align: center;">SUBMETER</p>
---	---	--


Fonte: O autor (2019).

A partir dos exercícios propostos, o aluno deve fornecer a alternativa para o aplicativo. Se a alternativa escolhida não for a verdadeira, o aplicativo informará “Resposta Errada” (Figura 31.c), caso contrário, a informação será “Resposta Certa” (Figura 32.a). A alternativa sendo certa ou errada, o aplicativo continuará exibindo a mesma questão, dando a possibilidade

do aluno refazer sua análise e fornecer uma nova alternativa para o aplicativo, caso tenha errado nas tentativas anteriores. Se o aluno clicar no botão “PRÓXIMO”, o aplicativo exibirá a questão seguinte ou retornará para o menu inicial. E neste momento, caso o aluno queira refazer alguma questão já analisada, ele terá que clicar no botão “conteúdo” e escolher o assunto onde a questão se faz presente, e avançar nas abas até o ponto desejado.

Após o exercício proposto 01, temos os “Exercícios Gerais” (**Figuras 32.b, 32.c e 33**).

Figura 32: a) informação fornecida pelo aplicativo para respostas certas de questões, b) exercícios gerais 01 e exercícios gerais 02.

<p>(a) 1) (UERJ) Um corpo constituído por uma substância cujo o calor específico é $0,25 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ absorve de uma fonte térmica 5.000 cal. Sendo a massa do corpo igual a 125g e sua temperatura inicial de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ então a temperatura atingida no final do aquecimento é de</p> <p style="text-align: center;">RESULTADO</p> <p>Resposta Certa</p> <p style="text-align: center;">OK</p> <p>D) $250 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p> <p>E) $275 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p> <p style="text-align: center;">SUBMITER</p>	<p>(b) EXERCÍCIOS GERAIS 01:</p> <p>1) (UERJ) Um corpo constituído por uma substância cujo o calor específico é $0,25 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$ absorve de uma fonte térmica 5.000 cal. Sendo a massa do corpo igual a 125g e sua temperatura inicial de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ então a temperatura atingida no final do aquecimento é de</p> <p style="text-align: center;">Alternativas:</p> <p>A) $150 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p> <p>B) $180 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p> <p>C) $210 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p> <p>D) $250 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p> <p>E) $275 \text{ }^\circ\text{C}$ <input type="radio"/></p>	<p>(c) EXERCÍCIOS GERAIS 02:</p> <p>2) (G1 - cps 2015) Um dos materiais que a artista Gilda Prieto utiliza em suas esculturas é o bronze. Esse material apresenta calor específico igual a $0,09 \text{ cal/(g} \cdot ^\circ\text{C)}$, ou seja, necessita-se de $0,09$ caloria para se elevar em 1 grau Celsius a temperatura de 1 grama de bronze.</p> 
---	--	---

Fonte: O autor (2019).

Figura 33: a) continuação exercícios gerais 02, b) exercícios gerais 03 e c) continuação exercícios gerais 03.

<p>(a) EXERCÍCIOS GERAIS 03:</p> <p>3) (UCS-RS) Se um pouco de café quente é derramado, na mesma quantidade, sobre a camisa e a calça de uma pessoa e ela quase que imediatamente sente aumentar a temperatura na região da camisa onde caiu o café, mas praticamente não sente aumento de temperatura na região da calça onde caiu o líquido, pode-se dizer que o tecido da</p> <p style="text-align: center;">Alternativas:</p> <p>A) calça tem maior capacidade térmica do que o tecido da camisa. <input type="radio"/></p> <p>B) calça tem maior calor latente do que o tecido da camisa <input type="radio"/></p> <p>C) camisa tem maior índice adiabático do que o tecido da calça. <input type="radio"/></p>	<p>(b) EXERCÍCIOS GERAIS 04:</p> <p>4) (ENEM) As altas temperaturas de combustão e o atrito entre suas peças móveis são alguns dos fatores que provocam o aquecimento dos motores à combustão interna. Para evitar o superaquecimento e consequentes danos a esses motores, foram desenvolvidos os atuais sistemas de refrigeração, em que um fluido arrefecedor com propriedades especiais circula pelo interior do motor, absorvendo o calor que, ao passar pelo radiador, é transferido para a atmosfera. Qual propriedade o fluido arrefecedor deve possuir para cumprir seu objetivo com maior eficiência?</p> <p style="text-align: center;">Alternativas:</p> <p>A) Alto calor específico. <input type="radio"/></p> <p>B) Alto calor latente de fusão. <input type="radio"/></p>	<p>(c) EXERCÍCIOS GERAIS 05:</p> <p>5) (PUC-RJ) Um pedaço de metal de 100 g consome 470 cal para ser aquecido de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $70 \text{ }^\circ\text{C}$. O calor específico desse metal, em $\text{cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$, vale</p> <p style="text-align: center;">Alternativas:</p> <p>A) $10,6$ <input type="radio"/></p> <p>B) $23,5$ <input type="radio"/></p> <p>C) $0,094$ <input type="radio"/></p> <p>D) $0,047$ <input type="radio"/></p> <p>E) $0,067$ <input type="radio"/></p> <p style="text-align: center;">SUBMITER</p>
--	--	--

Fonte: O autor (2019).

Estas atividades são questões de vestibulares e Enem, e devem ser respondidas pelos alunos como atividade para casa. O intuito é incentivar os discentes a pesquisar formas de resolver os problemas, sendo mediadores do próprio ensino. Mesmo as questões exigindo respostas objetivas, os estudantes terão que tecer um comentário sobre os caminhos que os levaram às respostas, e escrever os cálculos efetuados nas questões. O professor deve comentar sobre os exercícios na aula seguinte aos deveres de casa, dando dicas sobre as etapas de construção das soluções, mas sempre deixando a resposta final com o aluno.

4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO DO CONTEÚDO

O conteúdo presente no aplicativo educacional foi programado para ser aplicado em 7 encontros, sendo os 6 primeiros com duração de 2 horas/aula cada um, e o último com duração de 3 horas/aula. O tempo de cada hora/aula pode ser de 50 minutos. Dos 7 encontros, o primeiro deve ser usado para a aplicação de dois questionários, e o último para a avaliação e questionário final. Os demais encontros correspondem às aulas ministrada com auxílio do aplicativo educacional. As aplicações foram programadas para ocorrerem em três encontros semanais, na forma de minicurso. As etapas de aplicação são divididas em quatro partes, e serão abordadas nas próximas subseções.

4.1 Primeira Etapa

Esta etapa deve ficar fora da programação normal de aplicação do produto educacional. Trata-se de uma etapa preliminar, que consiste em dois encontros na semana anterior à de aplicação. No primeiro será feita a escolha dos alunos que farão parte da aplicação, e a divulgação do produto educacional e do plano de trabalho aos responsáveis pelos alunos. A escolha do aluno pode ser feita, de acordo com a vontade em aprender o conteúdo de Calorimetria de forma diferenciada das aulas tradicionais vivenciada por eles. Portanto, é necessário fazer uma reunião com as turmas, e apresentar uma breve descrição do produto educacional e a importância de tal participação para o desenvolvimento da aprendizagem, além de adquirirem mais conhecimento acerca dos benefícios das NTIC's para a educação. Os alunos devem serem informados, nesta etapa, que será “necessário” o uso de *smartphones* com sistema

operacional *Android* para a instalação do aplicativo educacional. Ao final da apresentação, o professor fará uma lista com os nomes dos participantes que manifestem interesse pela pesquisa.

No segundo encontro ocorrerá as apresentações formais do produto educacional e dos conteúdos que serão estudados nas aulas futuras, relacionadas aos encontros de aplicação do produto. Nesta etapa, será feita a instalação do aplicativo nos celulares dos alunos participantes da pesquisa. O professor precisa acompanhar a instalação do *software* em cada aparelho, verificando possíveis erros relacionados à instalação. Após a instalação do programa, o professor deve fornecer as explicações iniciais sobre a utilização do aplicativo. Para isto, *prints* da interface do aplicativo devem ser mostrados aos alunos com auxílio de um *data show*. Pode-se usar *prints* obtidos diretamente na tela do celular, ou os *prints* exibidos na descrição do produto vistos na **seção 3**.

O tempo de duração de cada um dos dois encontros dessa etapa pode ser flexíveis, variando entre 50 e 100 minutos.

4.2 Segunda Etapa

Nesta fase ocorre o primeiro encontro relacionado à aplicação do produto educacional, onde devem ser feitas as aplicações dos questionários I e II.

O primeiro questionário (Questionário I) encontra-se no **Apêndice I**. Seus questionamentos buscam saber qual a opinião dos alunos em relação ao uso de tecnologias em sala de aula, em especial o *Smartphone*, em contraste com as aulas tradicionais, feitas no quadro branco com auxílio de pinceis e apagador. As perguntas deste questionário foram do tipo objetiva, e apresentaram três possíveis resultados: sim, não ou não sei.

O segundo questionário (Questionário II) está localizado no **Apêndice II**. Ele apresenta dois tipos de perguntas: objetivas e subjetivas. As questões objetivas são as de número 1, 2, 3, 4 e 5, todas com quatro alternativas: A, B, C e D. Já as questões subjetivas são as de número 6, 7 e 8, que podem ser respondidas de diferentes formas ou simplesmente não serem respondidas. Este questionário busca obter informações sobre as ideias iniciais que os alunos possuem sobre o conteúdo de Calor. O contexto de cada pergunta aborda situações do dia a dia dos alunos, onde são observados fenômenos físicos relacionados aos conteúdos de Temperatura e Calor. Ideias simples como, por exemplo, a água quente no fogão, o aquecimento do asfalto em dias de sol, a sensação de frieza dos metais em comparação com a madeira, a solidificação e fusão da água, são algumas das situações abordadas no questionário e que tiveram o intuito de levar

os alunos a refletirem sobre a natureza de tais fenômenos e irem em busca de respostas para esses eventos. Esta atividade é importante para o professor elaborar seu plano de ensino levando em consideração os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre o conteúdo estudado.

É recomendado que os alunos tenham o tempo de 1,5 horas/aula para responder as 18 perguntas totais dos questionários, e o restante de tempo (0,5 horas/aula) deve ser usado para uma conversa acerca das dificuldades, dúvidas e sugestões sobre as perguntas contidas nos questionários, e também para uma conversa introdutória sobre o produto educacional que os alunos utilizarão nos encontros futuros.

4.3 Terceira Etapa

Do segundo encontro de aplicação do produto até o sexto encontro, devem ocorrer as aulas conduzidas com apoio do aplicativo instalados nos celulares dos alunos. Além disso, é necessário fazer uma revisão inicial sobre o uso do aplicativo educacional, e também sobre os assuntos iniciais necessários para o estudo de Calorimetria, focando nos alunos que não obtiveram bons rendimentos no questionário II da segunda etapa de aplicação.

O conteúdo da revisão sobre os assuntos necessários para o ensino de Calorimetria é o de Temperatura, seus princípios físicos e fatos históricos. Esta revisão faz o papel dos organizadores prévios, e tem como objetivo principal estabelecer ideias iniciais para a garantia da continuidade da aprendizagem. Este material também faz parte do aplicativo educacional. Assuntos como escalas termométricas e dilatação térmica são abordados de forma superficial, e algumas vezes de forma indireta, para que não haja problemas relacionados a carga horária de aplicação dos conteúdos presentes no produto educacional.

A dinâmica das aulas com auxílio do aplicativo podem ocorrer da seguinte maneira: o professor trabalha a leitura e explicações com base nos textos, animações e simulações interativas presentes no aplicativo. Após a leitura e discussões acerca de determinado texto ou mídia, os alunos devem analisar o exercício resolvido deste conteúdo, e em seguida tentar resolver um exercício de aplicação. Após estes, o aplicativo exibe o exercício proposto, onde sua resolução é feita com auxílio do professor em classe. Na **Tabela 1** são apresentados os conteúdos a serem trabalhados em cada encontro de aplicação.

Os recursos que devem ser utilizados pelos alunos são: *Smartphone* com o aplicativo educacional, lápis, caneta, borracha e caderno escolar. Já o professor deve dispor de:

Smartphone com o aplicativo educacional, *notebook*, *data show*, pincéis e apagador. O tempo máximo de cada encontro de aplicação deve ser de 100 minutos (2 horas/aula).

Tabela 4: Conteúdos a serem ministrados nos encontros de aplicação.

Momento de Aplicação do Produto	Conteúdos
2º encontro	Temperatura; Calor; Capacidade Térmica; Calor Específico; Calor Sensível e Potência Térmica.
3º encontro	Mudança de Fase e Calor Latente.
4º encontro	Calorímetro e Troca de Calor.
5º encontro	Condução Térmica; Fluxo de Calor por Condução (Equação de Fourier); Convecção Térmica e Irradiação.
6º encontro	Continuação sobre Irradiação Térmica; Revisão Geral.

Fonte: O autor (2019).

A partir do terceiro encontro de aplicação, no início de cada aula recomenda-se fazer uma breve revisão da aula anterior, e esclarecer as dúvidas que os alunos possam apresentar sobre as questões deixadas como dever de casa. Em cada aula, são exibidos no aplicativo os exercícios gerais que devem ser respondidos pelos alunos em casa. Esta etapa busca despertar o espírito de pesquisas nos alunos, torná-los mediadores do próprio ensino, e adaptá-los para os momentos de tensão estimulados pela busca do sucesso nas provas de vestibulares.

4.4 Quarta Etapa

Neste momento, deve-se realizar a aplicação da avaliação de conhecimentos sobre o conteúdo de Calorimetria, e do Questionário III.

A avaliação encontra-se no **Apêndice III**, e seu objetivo é testar os níveis de conhecimento obtidos pelos alunos em relação ao conteúdo de Calorimetria. Esta avaliação dispõe de questões objetivas e subjetivas, onde são propostas as soluções de problemas novos, em contexto diferente daquele visto no aplicativo, e com enunciados inéditos. Com isso, pode-

se testar se o aluno conseguiu aprender de forma significativa, aplicando os conceitos da disciplina em diferentes situações.

O **Anexo IV** mostra o terceiro questionário (Questionário III), seu papel é avaliar as opiniões dos alunos sobre o uso do aplicativo utilizado na sala de aula. Tal questionário exhibe perguntas com opções de respostas objetivas e subjetivas, onde o aluno pode expressar seus pensamentos acerca da experiência vivida durante as etapas de submissão a pesquisa, e também, expressar quais suas perspectivas futuras sobre o uso de celulares e outros aparatos tecnológicos para a melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

Os alunos devem dispor de 100 minutos (2 horas/aula) para responder a prova e 20 minutos para o questionário III. Os 30 minutos que restarão do encontro (o sétimo encontro foi programado em 3 horas/aula) devem ser utilizados para sondar os possíveis comentários sobre as questões da prova e do questionário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRANCHES, Junior. **Aplicativos e desenvolvimento mobile híbrido x nativo**. Disponível em: <https://imasters.com.br/desenvolvimento/aplicativos-e-desenvolvimento-mobile-hibrido-x-nativo>. Acesso em: 20 jun. 2019

HALLIDAY, David. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8ª ed. Tradução e revisão técnica: Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 4 v.

HAMANN, RENAN. **Videoaula: conheça o Microsoft Visual Studio Code**. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/programacao/101130-videoaula-conheca-microsoft-visual-studio-code.htm>. Acesso em: 20 de jun. 2019.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9ª ed. Tradução: Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. Porto Alegre: Bookman, 2002.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica, volume 2**. 4ª ed. rev. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

POGETTI, Iná. **Fundamentos do Blender 1ª parte**. Équilibré Cursos e Treinamentos (online), [S.I], 2016. Disponível em: <http://equilibrecursos.com.br/2016/06/ebook-gratuito-fundamentos-do-blender/>. Acesso em: 20 fev. 2019.

TIPLER, Paul Allan; MOSCA, Gene. **Física para cientistas e engenheiros, volume 1: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 6ª ed. Tradução: Paulo Machado Mors. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 3 v.

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO I

Escola Estadual de Ensino Médio Gabriel Sales Pimenta

Disciplina: Física

Data: ____/____/____

Obs: Este questionário contém questões objetivas que farão parte de um conjunto de dados e servirão de alicerce para a discussão acerca do aplicativo educacional desenvolvido na pesquisa. Conta-se com sua ajuda nas repostas e, ao mesmo tempo, vale lembrar que tal questionário não representa um instrumento avaliativo para o seu período letivo escolar. Faça com calma, sem nervosismo e seja sincero em suas respostas! Vamos lá?

1) Você acha que as aulas com suporte tecnológico (multimídias, *data show*, computadores, caixa de som e etc.) tornam o ambiente de ensino mais dinâmico e interessante em relação às aulas tradicionais utilizando quadro e pincel?

sim não não tenho certeza

2) Você já assistiu a vídeo-aulas e simulações de conteúdos e experimentos das disciplinas do seu ano letivo escolar?

sim não não tenho certeza

3) Com relação à disciplina de Física, você consegue assimilar os conteúdos estudados e relacioná-los ao seu dia a dia?

sim não não tenho certeza

4) Você utiliza celular *smartphone* (telefone inteligente) para assistir vídeos, animações, ouvir músicas, ver fotos e acessar aplicativos?

sim não não tenho certeza

5) Você concorda com a introdução de *smartphones* em sala de aula para fins educacionais?

sim não não tenho certeza

6) Seu *smartphone* possui algum aplicativo educacional de alguma das disciplinas do seu ano letivo?

sim

não

não tenho certeza

7) Você acharia interessante ter um aplicativo educacional no *smartphone* para lhe auxiliar na disciplina de Física?

sim

não

não tenho certeza

8) Você tem noção de que a utilização de *smartphones* em sala de aula, sem a permissão do professor, pode vir a atrapalhar a aula, causando distração do aluno e atraso no entendimento do assunto?

sim

não

não tenho certeza

APÊNDICE II

QUESTIONÁRIO II

Escola Estadual de Ensino Médio Gabriel Sales Pimenta

Disciplina: Física

Data: ____/____/____

Obs: Este questionário contém questões objetivas que farão parte de um conjunto de dados e servirão de alicerce para a discussão acerca do aplicativo educacional desenvolvido na pesquisa. Conta-se com sua ajuda nas repostas e, ao mesmo tempo, vale lembrar que tal questionário não representa um instrumento avaliativo para o seu período letivo escolar. Faça com calma, sem nervosismo e seja sincero em suas respostas! Vamos lá?

1) Ao colocar uma panela com água no fogo, após um certo tempo, a água começa a borbulhar.

Este fenômeno ocorre devido:

- a) ao aumento da ligação química entre os átomos
- b) à diminuição da energia cinética
- c) ao aumento da temperatura
- d) à diminuição da quantidade de calor

2) A garrafa de café precisa estar bem fechada para conservar a temperatura do líquido em seu interior por mais tempo. Se deixarmos a tampa aberta, o café esfriará mais rapidamente, deixando-o com um sabor menos agradável. O café esfria mais rapidamente devido, principalmente, à saída

- a) da energia elétrica do líquido para o meio externo.
- b) do calor do líquido para o meio externo.
- c) das ondas sonoras do líquido para o meio externo.
- d) da temperatura do líquido para o meio externo.

3) O gelo vira líquido mais rapidamente quando for colocado na (o):

- a) isopor
- b) congelador
- c) água aquecida

d) água gelada

4) Segundo o senso comum, em dias “quentes” usamos roupas mais finas e leves e nos dias “frios” utilizamos roupas mais grossas para manter o corpo aquecido. Os fenômenos “quente” e “frio” ocorrem devido:

- a) à variação de velocidade
- b) às mudanças na energia potencial gravitacional
- c) às mudanças de suor
- d) às mudanças na temperatura

5) Em dias muito ensolarados, o asfalto das ruas costuma ficar aquecido devido à absorção da energia térmica emitida pelo sol. Nesta situação, se andarmos descalços no asfalto no horário de meio dia, poderemos sentir um incomodo nos pés que pode resultar em ferimentos. A pele humana ao entrar em contato com um material aquecido recebe um tipo de energia chamada de:

- a) elétrica
- b) mecânica
- c) temperatura
- d) calor

6) Suponha que você esteja em um churrasco com a família e tenha dois tipos de grelhas para usar: uma feita totalmente de aço (inclusive o cabo) e a outra feita de aço, mas com o cabo de madeira. Qual grelha você usaria? Justifique sua resposta.

7) Você já deve ter observado que, ao tirar uma garrafa com água fria da geladeira e colocá-la em cima da mesa com a tampa fechada, ao passar o tempo, algumas gotas de água começam aparecer na parte externa da garrafa. Esta água na parte externa da garrafa vem de dentro dela ou do ambiente externo? Justifique sua resposta.

8) Na orla de Marabá temos uma estrutura de concreto e tubos de aços que formam um conjunto de parapeitos para a proteção da população, evitando que as pessoas não caiam nas águas do rio Tocantins. Em dias ensolarados, se você coloca as mãos nos tubos de aço vai perceber que eles estão aquecidos. Porém, se você colocar as mãos na água do rio irá perceber que ela está mais “fria” que os tubos de aço. Por que isso ocorre?

APÊNDICE III

AValiação DE APRENDIZAGEM

Escola Estadual de Ensino Médio Gabriel Sales Pimenta

Disciplina: Física

Data: ____/____/____

Obs: Esta avaliação foi elaborada para medir o nível de aprendizagem através das aulas executadas com auxílio do aplicativo educacional de Calorimetria. As questões são formadas por perguntas objetivas e subjetivas que farão parte de um conjunto de dados que servirão de alicerce para a discussão acerca do aplicativo. Conta-se com sua ajuda nas repostas desta avaliação e, ao mesmo tempo, vale lembrar que tal questionário não representa um instrumento avaliativo para o seu período letivo escolar. Faça com calma, sem nervosismo e seja sincero em suas respostas! Vamos lá?

1) **(PUC-GO)** “Um cheiro de carne assada parece sair da cozinha [...]”. Suponha que essa carne, a uma temperatura inicial de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$, se resfrie até um equilíbrio térmico com o ambiente a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sendo a quantidade de carne assada igual a $1,5\text{ kg}$ e o calor específico da carne igual a $0,77\text{ cal}/(\text{g} \cdot ^{\circ}\text{C})$, a quantidade de energia na forma de calor que a carne assada perde para o ambiente é

- a) $28\ 875\text{ J}$ b) $28\ 875\text{ cal}$ c) $28,875\text{ cal}$ d) $28,875\text{ J}$

2) **(UEPB-PB)** Numa aula de Física, um aluno é convocado para explicar fisicamente o que acontece quando um pedaço de ferro quente é colocado dentro de recipiente contendo água fria. Ele declara: “o ferro é quente porque contém muito calor”. A água é mais fria que o ferro porque contém menos calor que ele. Quando os dois ficam juntos, parte de calor contido no ferro passa para a água, até que eles fiquem com o mesmo nível de calor... e, é aí que eles ficam em equilíbrio”. Tendo como referência as declarações do aluno e considerando os conceitos cientificamente corretos, analise as seguintes proposições:

I. Segundo o conceito atual de calor, a expressão: “o ferro é quente porque contém muito calor”, está errada.

II. Em vez de declarar: “... parte do calor contido no ferro passa para a água”, o aluno deveria dizer que “existe uma transferência de temperatura entre eles”.

III. “... até que eles fiquem com o mesmo nível de calor... e, aí é que eles ficam em equilíbrio” é correto, pois quando dois corpos atingem o equilíbrio térmico seus calores específicos se igualam.

Assinale a alternativa correta:

- a) Todas as proposições são verdadeiras.
- b) Apenas a proposição I é verdadeira.
- c) Apenas a proposição II é verdadeira.
- d) Apenas a proposição III é verdadeira.
- e) Apenas as proposições I e III são verdadeiras.

3) (Enem PPL 2013)

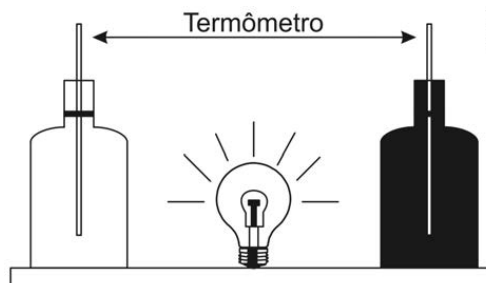


Disponível em: <http://casadosnoopy.blogspot.com>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Quais são os processos de propagação de calor relacionados à fala de cada personagem?

- a) Convecção e condução.
- b) Convecção e irradiação.
- c) Condução e convecção.
- d) Irradiação e convecção.
- e) Irradiação e condução.

4) (Enem 2013) Em um experimento foram utilizadas duas garrafas PET, uma pintada de branco e a outra de preto, acopladas cada uma a um termômetro. No ponto médio da distância entre as garrafas, foi mantida acesa, durante alguns minutos, uma lâmpada incandescente. Em seguida a lâmpada foi desligada.



Durante o experimento, foram monitoradas as temperaturas das garrafas: a) enquanto a lâmpada permaneceu acesa e b) após a lâmpada ser desligada e atingirem equilíbrio térmico com o ambiente. A taxa de variação da temperatura da garrafa preta, em comparação à da branca, durante todo experimento, foi

- a) igual no aquecimento e igual no resfriamento.
- b) maior no aquecimento e igual no resfriamento.
- c) menor no aquecimento e igual no resfriamento.
- d) maior no aquecimento e menor no resfriamento.
- e) maior no aquecimento e maior no resfriamento.

5) (UFV – MG) Quando dois corpos de materiais diferentes estão em equilíbrio térmico, isolados no meio ambiente, pode-se afirmar que:

- a) o mais quente é o que possui menor massa.
- b) apesar do contato, suas temperaturas não variam.
- c) o mais quente fornece calor ao mais frio.
- d) o mais frio fornece calor ao mais quente.
- e) suas temperaturas dependem de suas densidades.

6) (U.F.São Carlos-SP) Um grupo de amigos compra barras de gelo para um churrasco, num dia de calor. Como as barras chegam com algumas horas de antecedência, alguém sugere que sejam envolvidas num grosso cobertor para evitar que derretam demais. Essa sugestão

- a) é absurda, porque o cobertor vai aquecer o gelo, derretendo-o ainda mais depressa.
- b) é absurda, porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, fazendo com que ele derreta ainda mais depressa.
- c) é inócua, pois o cobertor não fornece nem absorve calor ao gelo, não alterando a rapidez com que o gelo derrete.
- d) faz sentido, porque o cobertor facilita a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando o seu derretimento.
- e) faz sentido, porque o cobertor dificulta a troca de calor entre o ambiente e o gelo, retardando o seu derretimento.

7) Em dias frios, quando pronunciamos algo, observamos a formação de uma “fumaça” saindo do interior de nossas bocas. O que seria esta fumaça? Como ela é formada?

8) Quando estamos próximo a um forno muito aquecido, a quantidade de calor que recebemos por condução e convecção é relativamente pequena. Entretanto, sentimos que estamos recebendo uma grande quantidade de calor. Por que isto ocorre?

APÊNDICE V

Link do aplicativo: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ctech.fisica2>

Nome do aplicativo para pesquisa no *Google Play*: Aplicativo Educacional – Calorimetria