

## APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

### **O CONFORTO TÉRMICO: UM CONTEXTO PARA ESTUDAR TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO**

**ALDECIR PEIXOTO MAIA**

Material instrucional vinculado à dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no Polo 09, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz.

**Mossoró/RN**

**Janeiro, 2020**

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	3
<b>A SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	4
PRIMEIRO ENCONTRO: LEVANTAMENTO DO CONHECIMENTO PRÉVIO E APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	4
SEGUNDO ENCONTRO: TEMPERATURA.....	5
TERCEIRO ENCONTRO. CALOR.....	8
QUARTO ENCONTRO: FORMAS DE PROPAGAÇÃO DO CALOR. UMIDADE DO AR.....	12
QUINTO ENCONTRO. DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA TÉRMICA DE UMA PAREDE E DA UMIDADE RELATIVA DO AR.....	19
SEXTO ENCONTRO: AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL E DISCUSSÃO DAS MEDIÇÕES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA.....	27
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	28

## Apresentação

Na presente proposta de Sequência Didática - SD o conforto térmico é utilizado como contexto para ensinar fundamentos de termologia, contemplando os conceitos de temperatura, calor, formas de propagação do calor e umidade do ar. Nas situações de aprendizagem aqui propostas o aluno lê, discute, expõe suas reflexões e participa da realização de experimentos, utilizando a plataforma Arduino®, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre com o propósito de criar ferramentas experimentais de baixo custo e fácil acesso. Ela é resultado do trabalho desenvolvido no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no polo da UFERSA. E foi aplicada na turma de 2º ano do ensino médio, turno matutino, da Escola Novo Mundo (ENOM), em Baraúna/RN.

A implementação dessa proposta é concebida por meio da realização de seis encontros de 90 minutos cada, descritos no Quadro 1, abaixo.

Quadro 1 – Distribuição das aulas, descrição geral e recursos didáticos.

Encontros	Descrição Geral	Recursos Didáticos
Primeiro	Apresentação da sequência e levantamento do conhecimento prévio dos alunos.	Pincel, quadro branco, apagador, vídeos e Datashow.
Segundo	Equilíbrio térmico. Temperatura. Escalas termométricas. Tipos de termômetros.	Pincel, quadro branco, apagador, termômetro e Becker.
Terceiro	Calor. Capacidade calorífica. Calor específico. Calor latente.	Pincel, quadro branco, apagador, Datashow, termômetro, vela e Becker.
Quarto	Processos de propagação do calor. Condução, convecção e radiação. Mudanças de fase.	Pincel, quadro branco, apagador, Datashow, vela e Becker.
Quinto	Determinação experimental da umidade relativa do ar e da resistência térmica de uma parede, utilizando Arduino®. Orientação para medir resistência térmica de paredes das residências dos alunos	Sensores, arduino®, computador, termômetro e Becker.
Sexto	Discussão dos resultados das medições de resistência térmica de paredes realizadas pelos alunos nas suas residências. Avaliação individual	

Fonte: autoria própria.

## **A sequência didática**

### **Primeiro encontro: Levantamento do conhecimento prévio e apresentação da sequência didática.**

O primeiro encontro deve-se iniciar, explicando a proposta de intervenção que se pretende implementar em sala de aula. Na ocasião, se pedirá a participação da turma nas atividades contempladas na SD.

Diga à turma que será exibido um vídeo, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OjlgD1fxuEI> (acessado em 09/08/2018), que retrata características do conforto térmico numa casa do século XIX do estado de São Paulo e no qual se abordam conceitos físicos relacionados com a termologia ao falar da umidade do ar nos porões, relacionando-a com o controle da temperatura no interior da casa; da condução térmica nas paredes; da convecção do ar nos cômodos; da irradiação solar e da brisa que chega ao lado da casa de frente para uma lagoa.

Na sequência será realizado o levantamento do conhecimento prévio dos alunos por meio de um questionário pré-teste (Apêndice 1). Para tanto, serão disponibilizados de 20 a 30 minutos. Na ocasião, se dirá que o questionário será respondido anonimamente e se destacará a importância do conhecimento prévio da turma sobre o tema a ser estudado para possibilitar sua aprendizagem significativa.

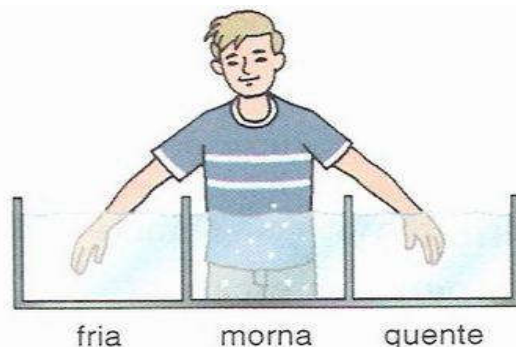
Ao finalizar a aplicação do pré-teste, os questionários serão recolhidos. Feito isso, se projeta na lousa o mesmo questionário e se reproduz novamente o vídeo. Em seguida, se inicia a discussão das questões com os alunos com o objetivo de alinhá-los à sequência que está para ser implementada. A aula finaliza, apresentando uma questão, a ser respondida em casa, que servirá para os alunos se informar sobre a história da sua cidade, relacionando-a com o patrimônio arquitetônico e consequentemente com o conforto térmico.

## Segundo encontro: Temperatura

O conteúdo a ser abordado nesse encontro está contemplado no tema estruturador proposto nos PCN+ “*Calor, ambiente, formas e usos da energia*”. Com base no seu desenvolvimento em sala de aula pretende-se, entre outras finalidades, que os alunos sejam capazes de identificar e avaliar os elementos que propiciam o conforto térmico em residências ou em outros locais.

Para alcançar tal objetivo o estudo de grandezas físicas como a temperatura e o calor é indispensável. Assim sendo, se começa o encontro discutindo o conceito de temperatura numa perspectiva histórica, relacionando-a com o conceito de equilíbrio térmico. Os alunos deverão ser convidados para realizar o experimento, discutido por John Locke no século XVII, com três recipientes contendo água a diferentes temperaturas (um com água fria, outro com água quente e o terceiro com água morna). Os alunos deverão realizar o seguinte procedimento: primeiro eles colocarão simultaneamente uma mão no recipiente com água fria e a outra no recipiente com água quente (figura 1).

Figura 1: experimento sensação térmica



Fonte: SAMPAIO (2005) com adaptações.

Após alguns segundos, eles deverão retirar as mãos dos recipientes com água fria e quente e colocá-las no recipiente com água morna (figura 2).

Figura 2: experimento sensação térmica



Fonte: (SAMPAIO, 2005) com adaptações.

Após discutir com a turma as sensações experimentadas durante a realização do experimento, induza os alunos a concluir que o tato não é o melhor meio para medir a temperatura. Assim, justificasse a necessidade de criar um aparelho para essa finalidade, o termômetro.

Explique que o termômetro é concebido com base no conceito de equilíbrio térmico. Diga que, entre corpos que se encontram a diferentes graus de aquecimento, formando um sistema isolado, acontece um processo mediante o qual o grau de aquecimento deles resulta ser o mesmo. Quando isso acontece, se diz que os corpos se encontram em equilíbrio térmico. Assim, se define a temperatura como a grandeza física que caracteriza o equilíbrio térmico entre dois corpos.

Estabelecido o conceito de equilíbrio térmico, explique que na construção dos termômetros se utilizam grandezas físicas que dependem da temperatura como o volume, a resistência elétrica, entre outras. Destaque que a medição da temperatura de um meio qualquer só é possível após a ocorrência do equilíbrio térmico entre o termômetro e o meio cuja temperatura se deseja medir. Fale das exigências que deverá atender o termômetro para não introduzir erros na medição da temperatura.

Apresente vários tipos de termômetros, indicando a substância (líquidos, sólidos, gases) e grandeza (volume, resistência elétrica, entre outras) termométricas.

Na sequência discuta a necessidade do uso de escalas termométricas. Apresente a escala de Fahrenheit. Diga que nela se definem dois valores da temperatura:  $32^{\circ}$  correspondendo ao de fusão da água e  $212^{\circ}$  ao de ebulição da água, existindo entre eles outros 180 valores de temperatura. Apresente também as escalas

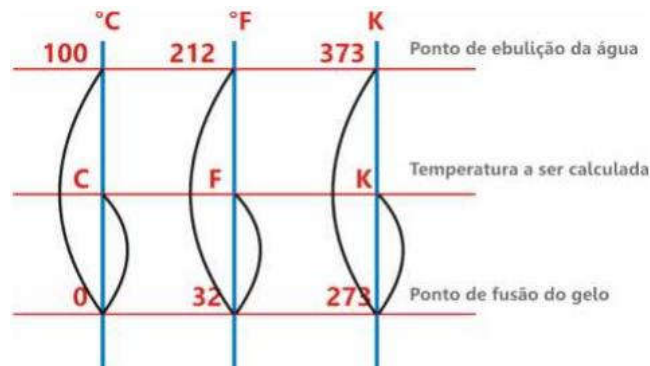
de Celsius e Kelvin. Explique como se realiza a conversão do valor da temperatura de uma escala para outra. Para tanto, discuta a equação (1), que relaciona os valores da temperatura nas escalas de Celsius, C, e Fahrenheit, F, como se ilustra na Figura 3,

$$\frac{C-0}{100-0} = \frac{F-32}{212-32} \quad (1)$$

Logo,

$$\frac{C}{100} = \frac{F-32}{180} \quad (1.1)$$

Figura 3: mudanças de escalas termométricas



Fonte: Guia didático do Experimento Remoto Condução de Calor em barras metálicas (2016).

Apresente a equação (2) que contempla as três possíveis relações de conversão da temperatura de uma escala para outra

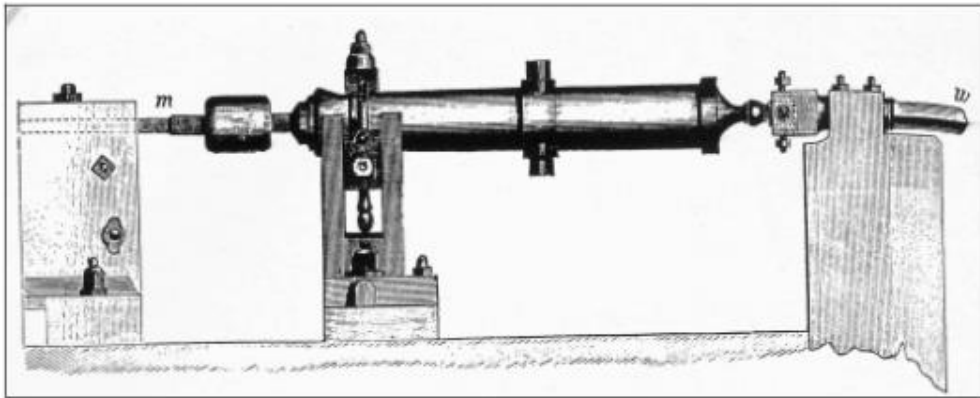
$$\frac{K-273,15}{5} = \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \quad (2)$$

Finalize o encontro, propondo alguns exercícios a serem resolvidos individualmente pelos alunos, contemplando inclusive a possibilidade de eles propor sua própria escala, atribuindo valores arbitrários às temperaturas de fusão e ebulição da água.

### Terceiro encontro. Calor

Após uma breve recapitulação do conceito de temperatura, diga que no presente encontro vamos estudar outro conceito diretamente relacionado com ela, o calor. Faça uma contextualização histórica do conceito de calor. Apresente as ideias de Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794), que introduziu o *calórico* como sendo um fluido imponderável responsável pelo grau de aquecimento dos corpos. Depois exponha os estudos realizados por Benjamin Thompson (1753-1814) que, impressionado com o intenso aquecimento dos cilindros de latão perfurados para serem utilizados em canos de canhões percebeu que o calor era gerado pela fricção entre os materiais. Mostre a figura 4 e comente-a.

Figura 4: experimento de Benjamin Thompson



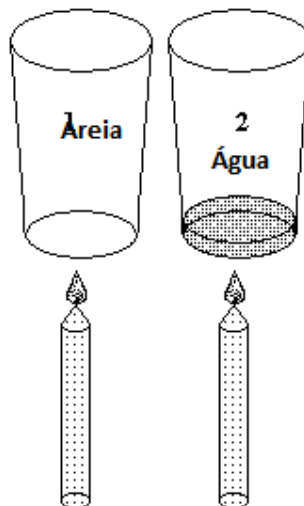
Fonte: Colin A. Ronan (1987) com adaptações.

Com base nos experimentos de Thompson propicie uma discussão que leve a turma a refutar a concepção do calor como substância, proposta por Lavoisier, introduzindo no lugar dela a concepção cinético molecular.

Na sequência se introduzem os conceitos de capacidade térmica e calor específico dos materiais a partir da realização de um experimento consistente no aquecimento de dois copos plásticos, um contendo areia e outro água, em quantidades iguais, como mostrado na figura 5.



Figura 5: experimento capacidade térmica



Fonte: autoria própria.

Discuta os resultados do experimento. Convide os alunos a formular hipóteses para explicar por que o fundo do copo contendo areia se derrete primeiro que o fundo do copo com água. Transfira o experimento para outra situação de aprendizagem, na qual os alunos podem mobilizar seu conhecimento prévio. Pergunte por que a areia da praia, durante o dia, está mais quente que a água do mar, mesmo estando exposta à mesma fonte de energia.

A partir dessas duas situações de aprendizagem justifique a necessidade de introduzir uma grandeza física que as torne inteligíveis, o calor específico da substância. Faça isso com base na equação (3), definindo o conceito de capacidade térmica do corpo ( $C$ ) como a quantidade de calor, ( $\Delta Q$ ), necessária para aumentar sua temperatura em um grau ( $\Delta T=1$ ).

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (3)$$

Na sequência diga que o calor específico se define, dividendo a capacidade térmica do corpo,  $C$ , pela sua massa,  $m$ ,

$$c = C/m \quad (4)$$

Por tanto,

$$\Delta Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (5)$$

Em seguida, explique os resultados do experimento do aquecimento do fundo dos dois copos plásticos utilizando o conceito de calor específico. Com base na Tabela 1 destaque o valor, grande, do calor específico da água o que justifica seu amplo uso nos sistemas de esfriamento de equipamentos e aparelhos que se aquecem durante seu funcionamento como é caso, por exemplo, dos motores de combustão interna.

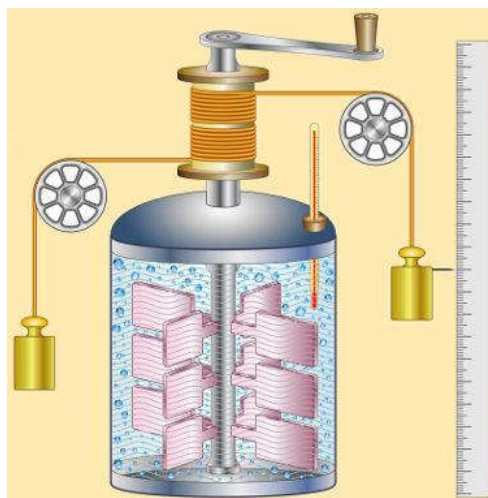
Tabela 1: calor específico

Substância	Calor específico (cal/g°C)	Substância	Calor específico (cal/g°C)
água	1,0	gelo	0,5
álcool	0,6	latão	0,092
alumínio	0,22	madeira	0,42
ar	0,24	mercúrio	0,033
carbono	0,12	ouro	0,032
chumbo	0,031	oxigênio	0,22
cobre	0,091	prata	0,056
ferro	0,11	vidro	0,16

**Fonte:** (VIEIRA, 2014), Análise do conforto térmico do Instituto de Biologia – com adaptações.

Trabalhados os conceitos de capacidade térmica e de calor específico, apresente o experimento de Joule, que fundamenta o equivalente mecânico do calor (figura 6), relacionando-o com a concepção, implícita nas experiências de Thompson, do calor como uma forma específica do movimento das partículas constituintes da substância.

Figura 6: experimento de Joule



**Fonte:** (mundo educação 2012) com adaptações.

Relate os detalhes da realização do experimento, em particular, as dificuldades para medir o pequeno aumento da temperatura da água. Diga que, em homenagem a

Joule a unidade de medida da energia no Sistema Internacional de Unidades leva o seu nome. Aproveite para explicar o conceito de caloria utilizado na tabela dos calores específicos. Apresente o equivalente mecânico do calor,

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

Finalize a aula reproduzindo o vídeo “O calor como energia: experiência de Joule”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=6rKxwuDFe88> (acessado 09/08/2018).

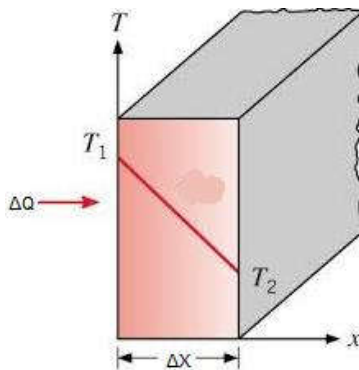
#### Quarto encontro: Formas de propagação do calor. Umidade do ar

Neste encontro serão discutidas as formas de propagação do calor, contextualizando-as no conforto térmico.

Inicie a aula expondo que o calor se propaga de três formas, e que cada uma delas tem suas próprias características. Reproduza o vídeo conforto térmico – parte 1, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=OjlgD1fxuEI&t=>, acessado 26 de maio de 2019, no qual se aborda a propagação do calor por condução.

Explique que na de condução térmica não acontece transporte de matéria, apenas troca de energia entre as partículas constituintes da substância e suas vizinhas. Diga que o processo acontece nos sólidos, líquidos e gases. Em seguida, proceda à análise quantitativa do fenômeno. Para tanto, utilize a figura 7 que ilustra a condução do calor através de uma parede.

Figura 7: condução de calor através de uma parede



**Fonte:** (LTC, RJ, 2014), TRC de calor por condução unidimensional com adaptações.

Diga que a quantidade de calor  $\Delta Q$  transportada num intervalo de tempo  $\Delta t$ , através de um elemento de superfície  $\Delta S$  dessa parede de espessura  $\Delta X$ , cujas partes externas e internas têm temperaturas  $T_1$  e  $T_2$  respectivamente é igual a:

$$\Delta Q = \frac{K \Delta S \Delta t (T_1 - T_2)}{\Delta X} \quad (6)$$

Onde  $k$  é a condutividade térmica do material da parede. Diga que a equação 6 foi determinada experimentalmente pelo matemático francês Jean-Baptiste Fourier (1768-1830). Analise as condições necessárias para obter determinados valores da variação da temperatura das paredes externa e interna, relacionando-as com o

conforto térmico. Chame a atenção da turma para a relação da condutividade térmica com a densidade e o calor específico da substância. Com base na tabela 2 induza os alunos a concluir que os materiais com baixo calor específico são bons condutores e com alto valor de calor específico bons isolantes térmicos. Na ocasião, comente que na tabela o calor específico está expresso em Wh/kg.K e peça para realizar a conversão para J/kg.K.

Tabela 2: condutividade térmica de materiais de construção

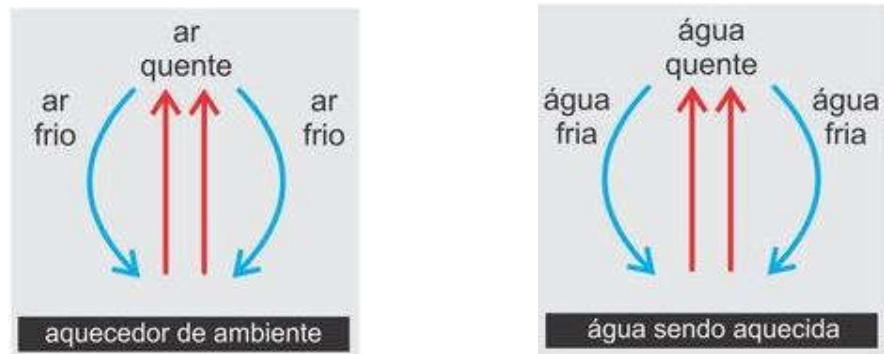
Matérias	Densidade, Kg/m <sup>3</sup>	Condutibilidade térmica, W/m.K	Calor Específico, Wh/kg.K
Tijolo maciço	1800	0.70	0.28
Tijolo furado	1100	0.55	0.26
Vidro	2700	1.10	0.28
Aço	77800	52.00	0.11
Alumínio	2700	230.00	0.22
Madeira(pinho)	600	0.15	0.58
Gesso	1000	0.35	0.26
Água	1000	0.58	1.17
Cimento	2000	1.15	0.29
Pedra	1800	1.00	0.28
Poliestireno	25	0.04	0.40

Fonte: (VIEIRA, 2014), Análise do conforto térmico do Instituto de Biologia – com adaptações

Contextualize a tabela 1 com materiais presentes no cotidiano dos alunos. Faça referência aos materiais utilizados na fabricação de instrumentos utilizados na cozinha. Dê exemplos de condutores e isolantes térmicos presentes nas panelas, frigideiras, entre outros utensílios de cozinha. Fale também dos materiais utilizados na construção, relacionando-os com o conforto térmico.

Na sequência aborde outro processo de propagação do calor, a convecção térmica. Para tanto, reproduza o trecho de 1:28 a 2:11 minutos do mesmo vídeo. Destaque que a convecção acontece exclusivamente em fluidos, ou seja, em líquidos e gases, mediante o transporte de matéria em um campo de temperatura não homogêneo. Fale da circulação do ar nos ambientes internos do casarão. Explique que o processo visto no vídeo é devido a que o ar quente é menos denso que o ar frio, o que provoca uma circulação do ar, na qual o ar quente sobe e o frio desce (fig. 8). Relacione esse processo de circulação do ar com o conforto térmico, destacando a importância da altura do teto, pé-direito, e das janelas.

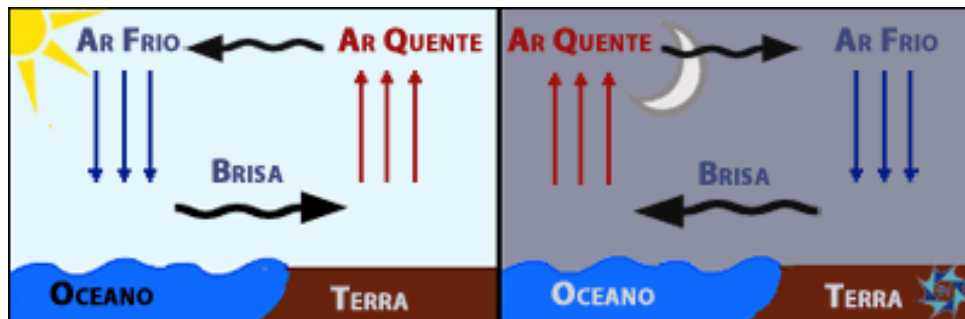
Figura 8: convecção térmica



Fonte: (IPMA, 2018) com adaptações.

Continue explicando a convecção térmica. Utilize o trecho de 2:55 a 3:40 minutos do vídeo anteriormente mencionado, no qual se faz referência a um lago, para relacionar o aquecimento da sua água durante o dia com as brisas marítima e terrestre. Apresente a Figura 9 e peça aos alunos para explicá-la. Na ocasião, destaque que o calor específico da água é significativamente maior que o da terra e da areia. Espera-se que os alunos consigam; por meio da mobilização de seus conhecimentos prévios sobre o aquecimento da areia e da água do mar, pela manhã e à tarde; contextualizar o calor específico e a convecção térmica nessa situação particular.

Figura 9: brisas, marítima, à esquerda, e terrestre, à direita



Fonte: (IPMA, 2018) com adaptações.

Apresente e discuta um experimento, por meio do qual se podem visualizar as correntes de convecção, por exemplo, o consistente em adicionar em um copo com água uma pequena quantidade de leite no fundo, que em seguida é aquecido.

Na sequência aborde o terceiro processo de propagação do calor, a radiação térmica. Como no caso da convecção essa abordagem deverá ser qualitativa. Apresente as características da radiação térmica. Diga que ela acontece a qualquer

temperatura a partir da energia interna dos corpos por meio da emissão de ondas eletromagnéticas. Fale de como se estabelece o equilíbrio térmico entre corpos que se encontram a diferentes temperaturas. Faça referência aos poderes de emissão e de absorção dos corpos. Destaque que a radiação térmica não precisa de um meio material para se propagar. Utilize a radiação solar, que chega à Terra através do vácuo, para justificar tal asseveração. Diga que na radiação térmica emitida pelos corpos a qualquer temperatura está presente todo o espectro das ondas eletromagnéticas. Entretanto, para cada temperatura existe um valor da frequência, ou do comprimento de onda, para o qual a emissão de energia em torno de esse valor é máxima. Assim, por exemplo, para temperaturas não muito altas prevalece a emissão de ondas infravermelhas (de calor, invisíveis) cujo comprimento de onda é grande e para temperaturas maiores prevalece a radiação visível, de menor comprimento de onda e conseqüentemente de maior frequência. Contextualize essa explicação no caso do aquecimento de uma barra de metal.

Finalize a abordagem das formas de propagação do calor discutindo com os alunos a presença destas em trechos do vídeo, conforto térmico – parte 1 <https://www.youtube.com/watch?v=OjlgD1fxuEI&t=>, acessado 26 de maio de 2019.

Na sequência se abordará o conceito de umidade relativa do ar na sua relação com conforto térmico.

Introduza o conceito de umidade do ar, aproveitando a previsão do tempo divulgada pelos meios massivos de comunicação como a rádio e a televisão e também disponível em smartphones (Figura 10).

Figura 10: Previsão do tempo



Fonte (WEATHER, 2018) com adaptações (2019).

Relacione as informações presentes na imagem da Figura 10 com o conforto térmico. Fale da importância da umidade em ambientes termicamente agradáveis e da influência da velocidade do vento na sensação térmica que experimentamos. Apresente o índice de temperatura-umidade (ITU), um avaliador do conforto térmico utilizado em ambientes com pouco ou sem vento. Relacione a transpiração com a umidade do ar. Diga que em ambientes úmidos a evaporação do suor do corpo é dificultada, provocando desconforto.

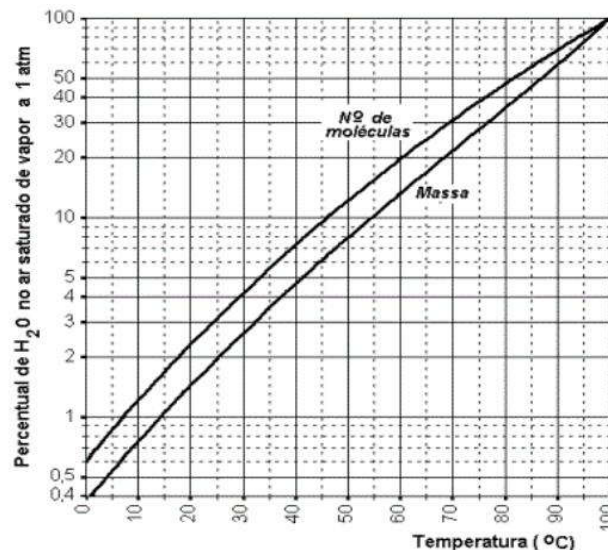
Feita essa discussão eminentemente qualitativa, introduza o conceito de umidade absoluta,  $U$ , como sendo a quantidade de vapor de água,  $m$ , por unidade de volume,  $v$ , presente no ar,

$$U = \frac{m}{v} \quad (7)$$

Explique que a uma determinada temperatura, o vapor de água presente no ar se pode condensar, ou seja, passar para o estado líquido. Diga que essa temperatura corresponde ao que é chamado de ponto de orvalho.

Discuta o conceito de vapor saturado, relacionando-o com o equilíbrio dinâmico que se estabelece em um recipiente fechado entre as fases líquida e gasosa a uma determinada temperatura. Apresente o gráfico 1 que mostra o percentual de água no ar saturado de vapor, a uma atmosfera, em função da temperatura.

Gráfico 1: percentual de água no ar saturado de vapor



Fonte: (CREF, 2014) como se determina a umidade relativa.



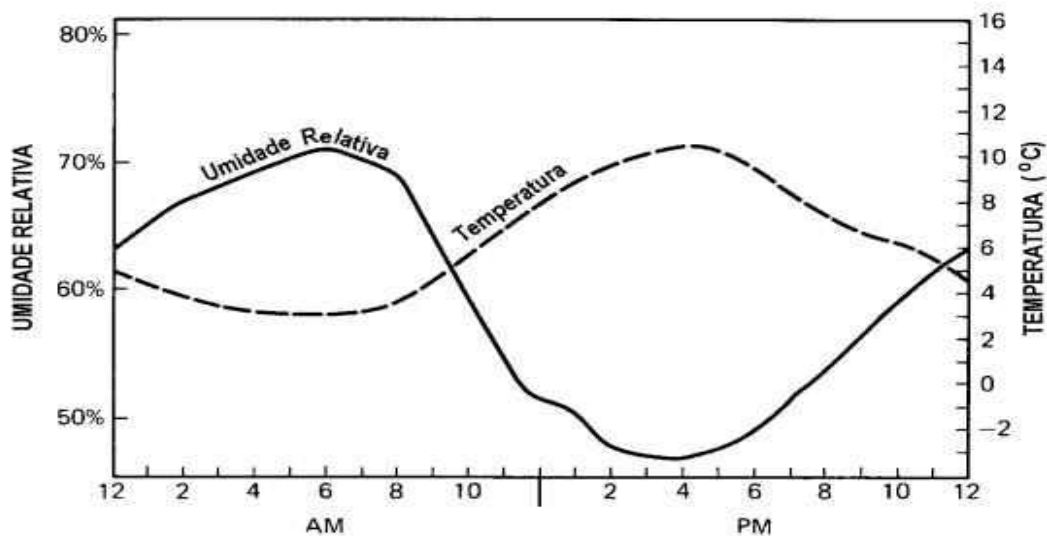
Justifique a introdução do conceito de umidade relativa, definindo-o como a relação entre a pressão de vapor saturado da água na temperatura do ponto de orvalho ( $P$ ) e a pressão de vapor saturado da água na temperatura ambiente ( $P_{\max}$ ):

$$Ur = \frac{P}{P_{\max}} \quad (8)$$

Destaque que a umidade relativa do ar não pode ser maior que um ( $0 \leq Ur \leq 1$ ). Aproveite a questão 24 do caderno azul do primeiro dia do Enem de 2009 para discutir outra definição da umidade relativa do ar e sua dependência com a temperatura. A questão diz o seguinte:

*Umidade relativa do ar é o termo usado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. Ela é definida pela razão entre o conteúdo real de umidade de uma parcela de ar e a quantidade de umidade que a mesma parcela de ar pode armazenar na mesma temperatura e pressão quando está saturada de vapor, isto é, com 100% de umidade relativa. O gráfico 2 representa a relação entre a umidade relativa do ar e sua temperatura ao longo de um período de 24 horas em um determinado local.*

Gráfico 2: umidade relativa x temperatura



Fonte: (Enem, 2009) questão 24, com adaptações.

Considerando-se as informações do texto e do gráfico 2, conclui-se que

6. insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar.

7. o ar vai adquirindo maior quantidade de vapor de água à medida que se aquece.
8. presença de umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar.
9. a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera.
10. a variação da umidade do ar se verifica no verão, e não no inverno, quando as temperaturas permanecem baixas.

Peça para os alunos interpretar a definição de umidade relativa presente nessa questão e atribuir significados ao gráfico 2, destacando as relações entre as três variáveis nele apresentadas. Finalize o encontro analisando cada uma das 5 (cinco) opções de resposta propostas dessa questão.

### **Quinto encontro. Determinação experimental da resistência térmica de uma parede e da umidade relativa do ar.**

Neste quinto encontro serão realizados experimentos aplicando todos os conceitos estudados até o momento, para finalmente os alunos caracterizarem o conforto térmico em ambientes fechados.

Proponha a realização de dois experimentos. No primeiro, serão determinados a temperatura do ponto de orvalho, a umidade relativa do ar dentro da sala e o índice de conforto térmico do ambiente. No segundo, será determinada a resistência térmica de uma parede, utilizando o Arduino®, uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única que pode ser usado para o desenvolvimento de experimentos interativos e independentes. Na ocasião, os alunos conhecerão o Arduino®, equipamento que utilizarão para realizar essa mesma atividade experimental em suas residências. Com base nos resultados dos experimentos o professor propiciará uma discussão focada na compreensão do conforto térmico.

Existem diversos experimentos para determinar a umidade relativa do ar. Utilize o descrito por Fernando Lang em seu artigo, “Umidade relativa: o que é e como se determina” disponível em <https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=umidade-relativa-o-que-e-e-como-se-determina> visualizado em 10 dezembro de 2018.

Ao iniciar o experimento, lembre à turma que o ponto de orvalho é a temperatura na qual o vapor d’água presente na atmosfera do local se torna saturado e condensasse formando gotículas de água.

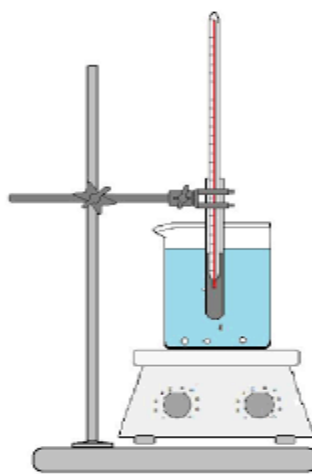
Os materiais a serem utilizados para realizar o experimento são:

- um béquer,
- água,
- gelo,
- um termômetro de mercúrio em vidro

Pergunte quais grandezas físicas, visando a determinação da umidade relativa do ar deverão ser determinadas. Espera-se que os alunos respondam que essas grandezas são temperatura ambiente e a do ponto de orvalho.

Na sequência se mede a temperatura do ambiente e em seguida se despeja água no béquer até o bulbo do termômetro ficar submerso nela (figura 11).

Figura 11:



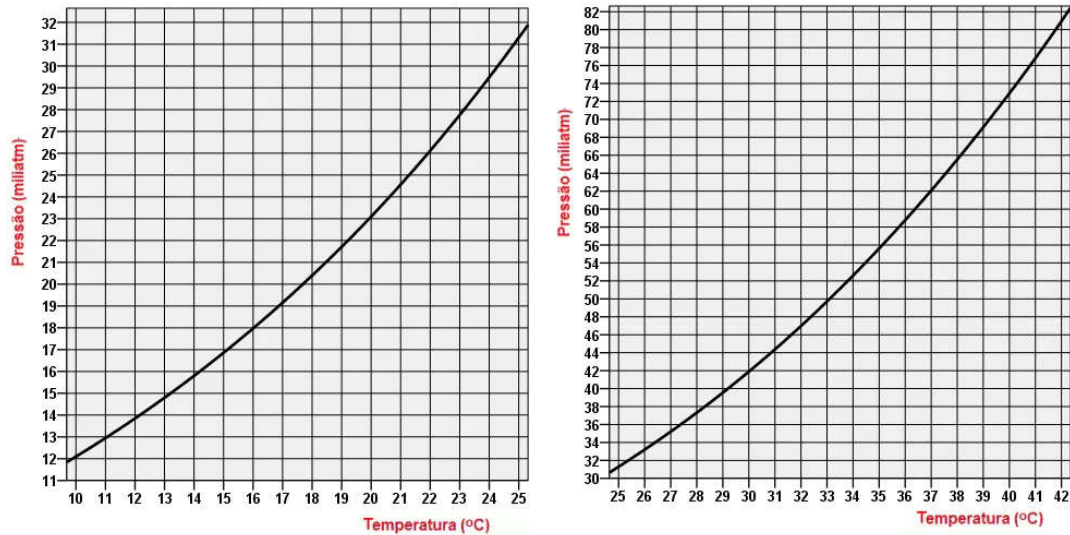
Fonte: (mundo educação 2012) com adaptações.

Em seguida adicione aos poucos pedacinhos de gelo no recipiente, sempre homogeneizado o sistema água/gelo. Após alguns instantes será possível observar que a superfície do recipiente fica embaçada devido às gotículas de água, oriundas da condensação do vapor d'água presente no ar. Espera-se que os alunos consigam dizer que a temperatura da água na qual isso acontece é a temperatura do ponto de orvalho.

A partir do gráfico 3 e conhecendo as temperaturas do ambiente e do ponto de orvalho se pede aos alunos calcular a umidade relativa do ar. Espera-se que eles sejam capazes de determinar, no gráfico 3, a pressão de vapor saturado da água na temperatura do ponto de orvalho,  $P$ , e a pressão de vapor saturado da água na temperatura ambiente,  $P_{\max}$ ; e aplicar a fórmula da umidade relativa do ar  $U_r$ .

$$U_r = \frac{P}{P_{\max}} \cdot 100\% \quad (9)$$

Gráfico 3: pressão de vapor saturado vs temperatura



Fonte: (CREF, 2014) como se determina a umidade relativa.

Na sequência se determinará o Índice de Conforto Térmico – ICT. Diga que existem diferentes maneiras de chegar ao ICT. Uma delas é, utilizando a equação do índice de calor, conhecida como regressão de Rothfus, na qual se contemplam a temperatura a umidade relativa do ar. Opte pela utilização de um aplicativo que possa realizar esse cálculo mais rápido. Aconselhamos o uso do aplicativo índice de calor, IC, que realiza uma medida através da combinação entre o efeito da umidade relativa sobre a temperatura aparente do ar. É usado para definir qual a intensidade do calor que uma pessoa sente, em função desses 2 parâmetros. disponível em: <https://play.google.com/store/apps/details?id=indicedecolor.marciorr.com.indicedecal>. Nele basta introduzir os valores da temperatura e da umidade do ar para obter o IC (Imagem 1).

Imagem 1: aplicativo índice de calor

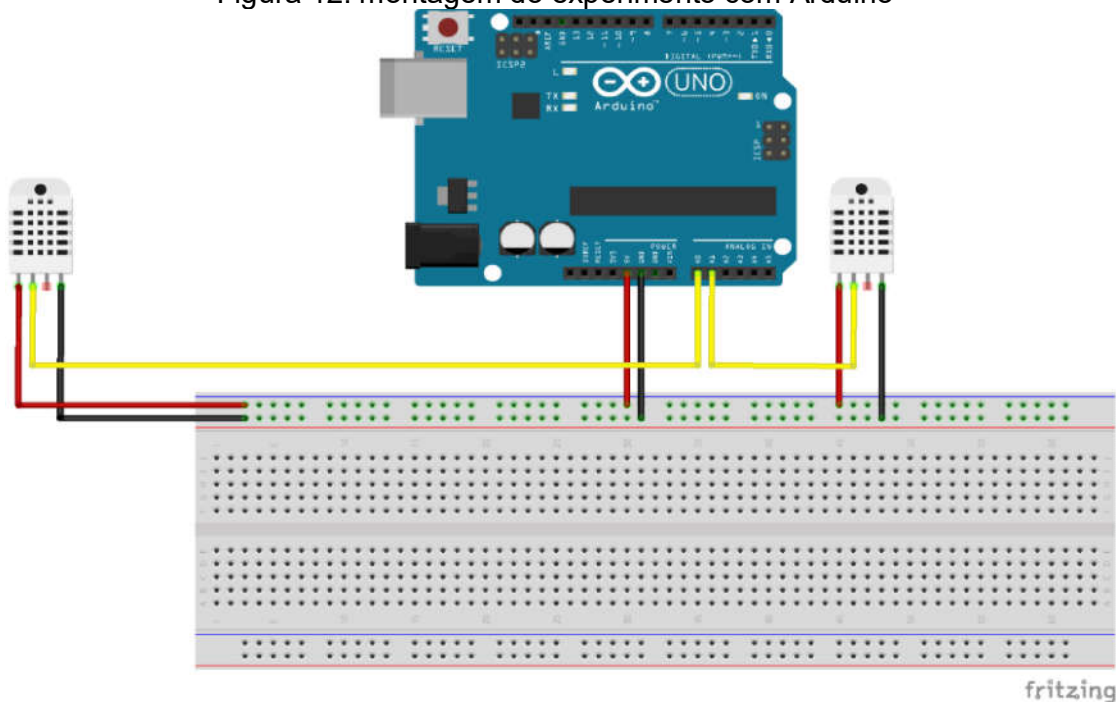


Fonte: app índice de calor com adaptações (2019).

Após a determinação do índice de calor de dentro da sala de aula, deve-se propor uma discussão acerca de como a umidade do ar interfere na sensação térmica que experimentamos. Destaque também a influência do convecção térmica em ambientes fechados.

Na sequência se propõe a realização de um experimento para avaliar a resistência térmica de uma parede, utilizando o Arduino®. Orienta-se a a montagem do experimento de acordo com a figura 12.


Figura 12: montagem do experimento com Arduino®



Fonte: fritzing com adaptações (2019).

Mostre a turma o software de computador com a linguagem de programação que será utilizada para enviar comandos ao Arduino® (Imagem 2).

Imagem 2: Tela IDE do Arduino®



```
experimento_1_disseta_o_condu_o_termica | Arduino 1.8.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

experimento_1_disseta_o_condu_o_termica_5

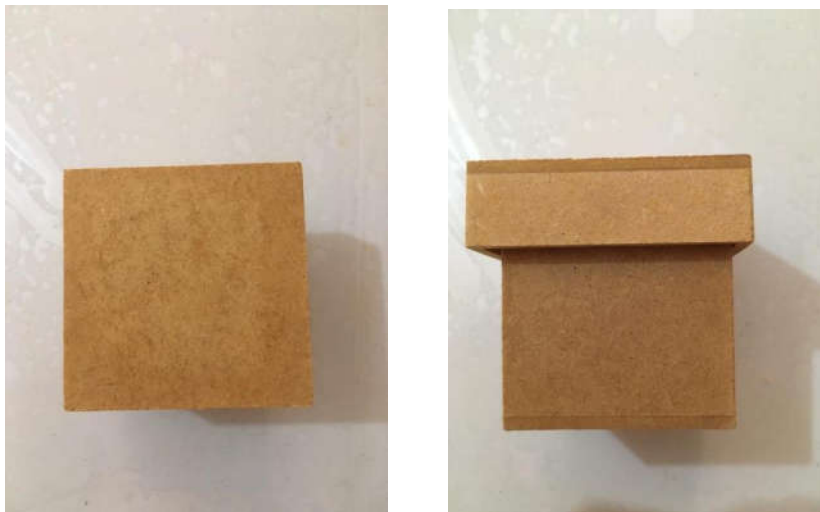
#include <dht.h>
#define dht1_dpin A1 //Pino DATA do Sensor 1(CASA) ligado na porta Analogica A1 PINO CASA
#define dht2_dpin A0 //Pino DATA do Sensor 2 (FORA) ligado na porta Analogica A0 PINO FORA
dht DHT1; //Inicializa o sensor CASA
dht DHT2; //Inicializa o sensor2 FORA
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  delay(1000); //Aguarda 1 seg antes de acessar as informações do sensor.
}
void loop()
{
  Serial.println("leitura feita a cada 30 minutos");
  DHT1.read1(dht1_dpin); //Lê as informações do sensor
  //Serial.print("Umidade dentro de casa = ");
  //Serial.print(DHT1.humidity);
  //Serial.print(" % ");
  Serial.print("Temperature dentro de casa = ");
  Serial.print(DHT1.temperature);
  Serial.println(" Celsius ");

  DHT2.read1(dht2_dpin); //Lê as informações do sensor
  //Serial.print("Umidade Fora de casa = ");
  //Serial.print(DHT2.humidity);
  //Serial.print(" % ");
  Serial.print("Temperature Fora de casa = ");
  Serial.print(DHT2.temperature);
  Serial.println(" Celsius ");
  delay(30000);
}
```

Fonte: autoria própria (2019)

Para a realização deste experimento é necessário a utilização de um caixa. Pode ser uma, cujas partes, superior e inferior, tenham 36 cm<sup>2</sup> de área e 0,2 cm de espessura (imagem 3).

Imagem 3: caixa de madeira



Fonte: autoria própria (2019)

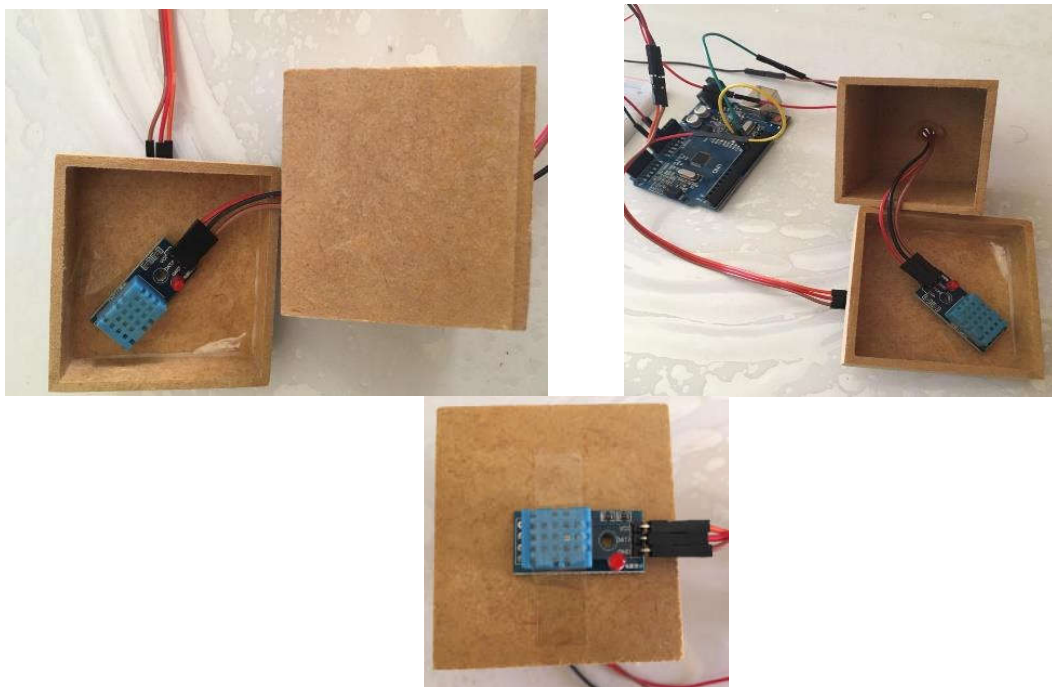
Realize um pequeno furo no fundo caixa para introduzir um dos sensores Dht11, responsáveis pelas medições da temperatura e umidade. Assim, a montagem experimental fica como mostrado nas imagens 4.

Imagem 4: caixa de madeira com furo.



Fonte: autoria própria (2019)

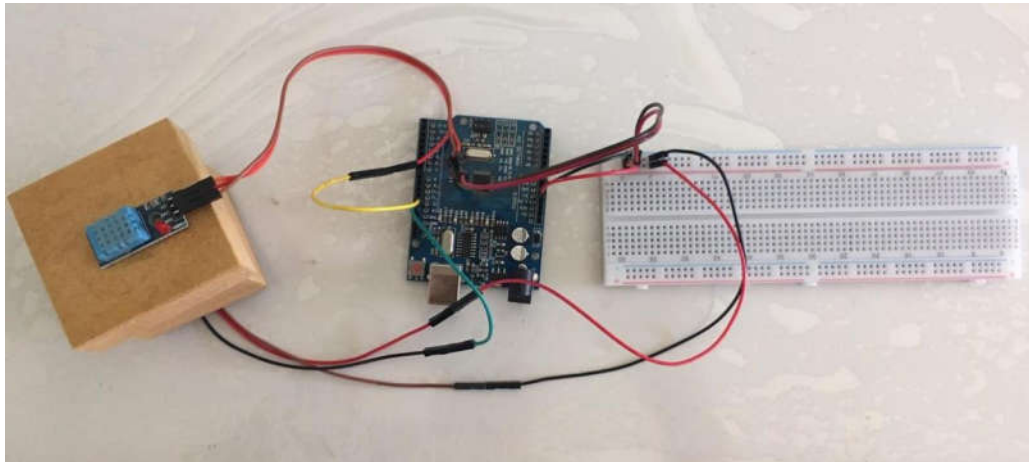
Imagem 5: Sensores DHT11 e caixa de madeira



Fonte: autoria própria (2019)



Imagem 6: Montagem experimental com o Arduino®



Fonte: autoria própria (2019).

Concluída a montagem do experimento, comece aquecer a “parede” da caixa cuja resistência térmica pretende-se avaliar. Para tanto, utilize um aquecedor de cabelos. Peça para os alunos observar e anotar a variação da temperatura indicada na tela do computador. Solicite o preenchimento da tabela 1, na qual o fluxo de calor será calculado, utilizando a lei de Fourier da condutividade térmica.

Tabela 1: fluxo de calor

Tempo de aquecimento (seg.)	Temperatura da parte externa da parede (°C)	Temperatura da parte interna da parede (°C)	Fluxo de calor
30			
60			
90			
120			
150			
180			
210			

Fonte: Autoria própria

Após o preenchimento dessa tabela 1 se deverão discutir os resultados obtidos na medição direta da temperatura e indireta do fluxo de calor. Se fará referência à fonte de calor utilizada no experimento e as possíveis fontes de calor que poderiam estar presentes nas paredes das edificações, destacando a influência dos diferentes processos de propagação do calor, em particular da radiação térmica, para propiciar conforto térmico no interior dos ambientes. Destaque que o fluxo de calor, oriundo da radiação solar depende da posição geográfica das cidades. Fale de sua variações

durante o dia e da necessidade de contemplar o movimento do Sol no planejamento das construções, visando o conforto térmico.

Na sequência, utilizando a mesma montagem do experimento anterior com outro código comado, o Apêndice 4, obtenha os valores da temperatura e da umidade do ar. E, com esses valores, determine a sensação térmica dentro e fora da caixa. Esse procedimento será replicado pelos alunos em suas residências.

Para a análise e discussão do experimento, é necessário o preenchimento da tabela 2 com os valores da temperatura e da umidade do ar externa e interna a cada 30 segundos no decorrer de 5 minutos. Essa mesma tabela será utilizada pelos alunos em suas residências, variando apenas o tempo da coleta de dados.

Tabela 2: sensação térmica

TEM	Te mp. ext. (°C)	U mid. Ext. (g/m <sup>3</sup> )	Sensa ção térmica	Te mp. int. (°C)	U mid. Int. (g/m <sup>3</sup> )	Sensa ção térmica
3 0						
6 0						
9 0						
1 20						
1 50						
1 80						
2 10						
2 40						
2 70						
3 00						

Fonte: autoria própria

Finalize a aula entregando kits com o Arduino® e os sensores a grupos de 4 – 5 alunos para que eles repliquem o experimento, utilizando paredes e ambientes de suas residências, visando avaliar os índices de conforto térmico nestas.

### **Sexto encontro: Avaliação somativa individual e discussão das medições de resistência térmica**

Este encontro será o último da aplicação deste produto educacional. Ele deve ser implementado em dois momentos. O primeiro deverá ser dedicado à apresentação e discussão dos resultados das medições realizadas pelos alunos em suas residências, visando avaliar o conforto térmico. O segundo será destinado à avaliação individual, por meio de um questionário com dez questões, duas objetivas e oito subjetivas, que contemplam todos os conteúdos abordados na sequência didática (Apêndice 5).

## Referências

Convecção Térmica. Sala da Física, São Paulo, 19 de jul. de 2018. Disponível em <<http://www.geocities.ws/saladefisica8/termologia/conveccao.html>>.

SAMPAIO, José Luiz; CALÇADA, Caio Sérgio. Física. 2.ed. São Paulo: Atual, 2005, vol. Único.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. Manual de conforto térmico. Studio Nobel, 1995.

Termoscópio. alamy, Nova York, 19 de jul. de 2018. Disponível em <<https://br.depositphotos.com/stock-photos/termosc%C3%B3pio.html?filter=all>>.

Relações entre as escalas termométricas. O baricentro da mente, São Paulo, 19 de jul. de 2018. Disponível em <<https://www.obaricentrodamente.com/2010/12/relacoes-entre-as-escalas-termometricas.html>>.

Colin A. Ronan, História Ilustrada da Ciência. Univ. de Cambridge (Zahar, 1987).

VIEIRA, RÔMULO VALENTE CUSTÓDIO ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO DO INSTITUTO DE BIOLOGIA, 2014. xii, 39p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2014) Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

James Prescott Joule. Mundo da educação, São Paulo, 29 de jul. de 2018. Disponível em <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/james-prescott-joule.htm>>.

F.P. Incropera e D. P. DeWitt, Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa (LTC, Rio de Janeiro, 2014).

Brisas marítimas. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa, 20 de set. de 2018. Disponível em <<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/previsao.numerica/index.html?page=adin.brisa.mar.xml>>. Acessado em 20 de set. de 2018.

Informações do clima. The Weather Channel, São Paulo, 10 de set. de 2013. Disponível em <<https://weather.com/pt-BR/clima/hoje/l/BRXX0043:1:BR>>. Acessado em 20 de set. de 2018.

Umidade relativa: o que é e como se determina?, Porto Alegre, 16 de fev. de 2014. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=umidade-relativa-o-que-e-e-como-se-determina>>. Acessado em 20 de set. de 2018.

BASES, LEI DE DIRETRIZES E. "da Educação Nacional." LDBEN. Lei (1996).

Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002. BRASIL, SEMTEC.

AUSUBEL, David, NOVAK, Joseph; HANESIAN, Helen. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução para o português do original Educational psychology: a cognitive view. 1980.

MOREIRA, Marco Antonio. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 7, n. 1 (jan./mar. 2002), p. 7-29, 2002.

MOREIRA, Marco Antonio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. Revista do Professor de Física, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. Teorias de aprendizagem. São Paulo: Editora pedagógica e universitária, 1999.

AUSUBEL, David, NOVAK, Joseph; HANESIAN, Helen. Psicologia educacional. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução para o português do original Educational psychology: a cognitive view. 1980. 625 p.

MOREIRA, Marco Antonio. APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: da visão clássica à visão crítica (Meaningful learning: from the classical to the critical view). In: Conferência de encerramento do V Encontro Internacional sobre Aprendizagem Significativa, Madrid, Espanha, setembro de 2006.

F.P. Incropera e D. P. DeWitt, Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa (LTC, Rio de Janeiro, 2014).

VIEIRA, RÔMULO VALENTE CUSTÓDIO ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO DO INSTITUTO DE BIOLOGIA, 2014. xii, 39p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2014) Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

Brisas marítimas. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Lisboa, 20 de set. de 2018. Disponível em <<https://www.ipma.pt/pt/enciclopedia/otempo/previsao.numerica/index.html?page=adin.brisa.mar.xml>>. Acessado em 20 de set. de 2018.

informações do clima. The Weather Channel, São Paulo, 10 de set. de 2013. Disponível em <<https://weather.com/pt-BR/clima/hoje//BRXX0043:1:BR>>. Acessado em 20 de set. de 2018.

Umidade relativa: o que é e como se determina?, Porto Alegre, 16 de fev. de 2014. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/novocref/?contact-pergunta=umidade-relativa-o-que-e-e-como-se-determina>>. Acessado em 20 de set. de 2018.

Educação, São Paulo, 06 de dez. de 2009. Disponível em <<http://educacao.globo.com/provas/enem-2009/questoes/24.html>>. Acessado em 25 de set. de 2018.

Guia de Aplicação do Experimento Remoto Condução de calor em barras metálicas: Experimentação remota para a Educação Básica e Superior Propagação de calor por condução/ obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida pelo Laboratório de Experimentação Remota (RExLab) Araranguá - SC, Brasil, 2016. Disponível em: <http://relle.ufsc.br/docs/57911bd3ab4e3.pdf> acessado em 18 de junho de 2019.

**Apêndice 2:** Questionário para o levantamento do conhecimento prévio

Pergunta 1: Fundamentado no vídeo e seu conhecimento de mundo, qual a relação da arquitetura europeia e a preocupação com a saúde na construção da casa mostrada no vídeo, visando a necessidade da sociedade daquela época?

---

---

---

---

---

Pergunta 2: No vídeo é notado que a casa foi projetada para proporcionar uma sensação termicamente agradável em seu interior. Observando essas características, relate como achar que o porão ajuda a regular a temperatura dentro da casa?

---

---

---

---

---

Pergunta 3: A casa tem paredes espessas, janelões, quartos grandes e arejados, isso tudo para propiciar a circulação do ar em seu interior. Essas características citadas acima foram utilizadas para manter o conforto térmico no interior da casa, de que forma?

---

---

---

---

---

Pergunta 4: Após assistir o vídeo, é possível reconhecer as características do conceito de conforto térmico?

---

---

---

---

---

Pergunta 5: Na cidade de Baraúna-RN tem alguma casa que aproveite os conceitos estudados acima para “controlar” o conforto térmico no interior da casa. Realizem uma pesquisa se alguma casa da cidade foi planejada pensando no conforto térmico sem o uso de aparelhos condicionados.

---

---

---

---

---



### **Apêndice 3:** Algoritmo para medição da temperatura com Arduino®

Para a realização do experimento é necessário realizar o download da IDE no site <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> em seguida baixar a biblioteca neste link. Após o download descompacte o arquivo .zip e mova-o para a pasta arduinosketchfolder/libraries/ e reinicie a IDE do Arduino®. Não retire o arquivo dht.cpp.. Talvez seja necessário criar uma subpasta da biblioteca caso não exista.

Em seguida inicie a IDE do arduino® e apague as informações e adicione o código de comunicação.

**//CÓDIGO 1:** monitoramento da temperatura.

```
#include <dht.h>
```

```
#define dht1_dpin A1 //Pino DATA do Sensor 1 ligado na porta Analogica A1 PINO DENTRO CASA
```

```
#define dht2_dpin A0 //Pino DATA do Sensor 2 ligado na porta Analogica A0 PINO FORA CASA
```

```
dht DHT1; //Inicializa o sensor CASA
```

```
dht DHT2;//Inicializa o sensor2 FORA
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
delay(1000);//Aguarda 1 seg antes de acessar as informações do sensor
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
Serial.println ("leitura feita a cada 30 minutos");
```

```
DHT1.read11(dht1_dpin); //Lê as informações do sensor

Serial.print("Temperatura dentro de casa = ");

Serial.print(DHT1.temperature);

Serial.println(" Celsius ");

DHT2.read11(dht2_dpin); //Lê as informações do sensor

Serial.print("Temperatura Fora de casa = ");

Serial.print(DHT2.temperature);

Serial.println(" Celsius ");

delay(30000);

}
```

#### **Apêndice 4:** Algoritmo para medição da temperatura e da umidade do ar com Arduino®

```
#include <dht.h>
```

```
#define dht1_dpin A1 //Pino DATA do Sensor 1 ligado na porta Analogica A1 PINO DENTRO CASA
```

```
#define dht2_dpin A0 //Pino DATA do Sensor 2 ligado na porta Analogica A0 PINO FORA CASA
```

```
dht DHT1; //Inicializa o sensor CASA
```

```
dht DHT2; //Inicializa o sensor2 FORA
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600);
```

```
delay(1000); //Aguarda 1 seg antes de acessar as informações do sensor
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```
Serial.println ("leitura feita a cada 30 minutos");
```

```
DHT1.read11(dht1_dpin); //Lê as informações do sensor
```

```
Serial.print("Umidade dentro de Casa = ");
```

```
Serial.print(DHT1.humidity);
```

```
Serial.print(" % ");
```

```
Serial.print("Temperatura dentro de casa = ");

Serial.print(DHT1.temperature);

Serial.println(" Celsius ");

DHT2.read11(dht2_dpin); //Lê as informações do sensor

Serial.print("Umidade Fora de casa = ");

Serial.print(DHT2.humidity);

Serial.print(" % ");

Serial.print("Temperatura Fora de casa = ");

Serial.print(DHT2.temperature);

Serial.println(" Celsius ");

delay(30000); // (para a realização do exp. Na casa dos alunos substitua o valor para
1800000) ("leitura feita a cada 30 minutos")

}
```

## Apêndice 5: Questionário para a avaliação final

### LOGO DA ESCOLA

Aluno: \_\_\_\_\_ Nota: \_\_\_\_\_

1- (Enem 2010) Em nosso cotidiano, utilizamos as palavras “calor” e “temperatura” de forma diferente de como elas são usadas no meio científico. Na linguagem corrente, calor é identificado como “algo quente” e temperatura mede a “quantidade de calor de um corpo”. Esses significados, no entanto, não conseguem explicar diversas situações que podem ser verificadas na prática.

Do ponto de vista científico, que situação prática mostra a limitação dos conceitos corriqueiros de calor e temperatura?

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

2- Enem 2011



A tirinha faz referência a uma propriedade de uma grandeza Física, em que a função do jornal utilizado pelo homem?

---

---

---

3- Uma clínica importou da Inglaterra uma caixa de filmes para radiografias. A embalagem traz uma tabela que relaciona o tempo de revelação do filme com a temperatura local.

Temperatura (°F)	65	70	75
Tempo (min)	8	6	4

Analisando a tabela, temos:

- a) Se a temperatura local for 65 °F, o tempo de revelação é 6 min.
- b) Se o local apresentar uma temperatura de 70 °C, o tempo de revelação será 6 min.
- c) Ajustando-se a temperatura ambiente para 23,9 °C, consegue-se revelar o filme em 4 min.
- d) O maior tempo de revelação é obtido a uma temperatura de 21,1 °C.

4- Enem 2013



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

---



---



---



---



---



---

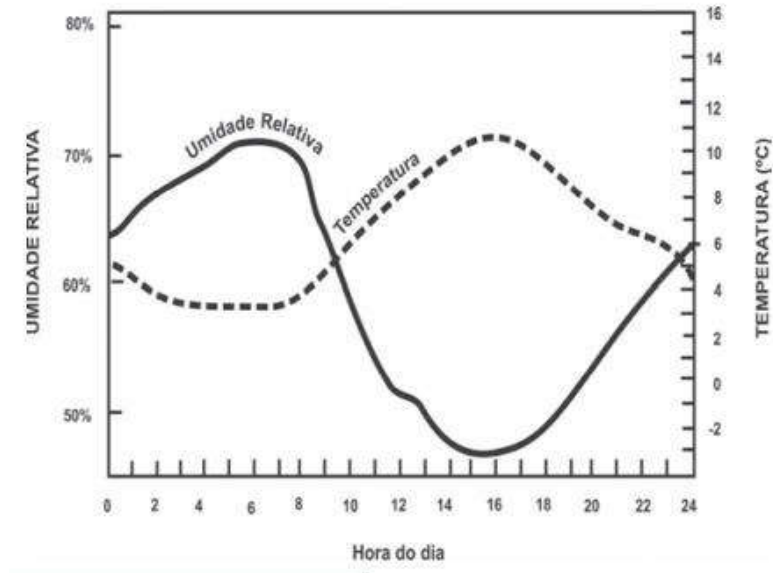


---



---

5- (Enem 2009) Umidade relativa do ar é o termo usado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. Ela é definida pela razão entre o conteúdo real de umidade de uma parcela de ar e a quantidade de umidade que a mesma parcela de ar pode armazenar na mesma temperatura e pressão quando está saturada de vapor, isto é, com 100% de umidade relativa. O gráfico representa a relação entre a umidade relativa do ar e sua temperatura ao longo de um período de 24 horas em um determinado local.



Considerando-se as informações do texto e do gráfico, conclui-se que

- a insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar.  
o ar vai adquirindo maior quantidade de vapor de água à medida que se aquece.
- a presença de umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar.
- a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera.
- a variação da umidade do ar se verifica no verão, e não no inverno, quando as temperaturas permanecem baixas.

6- Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70°C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30°C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à

temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25°C. Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

---

---

---

---

---

---

---

7- (Enem 2012) Em dias com baixas temperaturas, as pessoas utilizam casacos ou blusas de lã com o intuito de minimizar a sensação de frio. Fisicamente, esta sensação ocorre pelo fato de o corpo humano liberar calor, que é a energia transferida de um corpo para outro em virtude da diferença de temperatura entre eles. Por que a utilização de vestimenta de lã diminui a sensação de frio?

---

---

---

---

---

---

---

8- Os arquitetos buscam nos projetos das casa proporcionar uma sensação termicamente agradável em todo o seu ambiente. Observando essas características, relate quais conceitos físicos são relevantes para proporcionar um ambiente termicamente agradável?

---

---

---

---

---

---

---



9- No estudo da calorimetria vimos que na construção de casas alguns aspectos são relevantes, como exemplo as paredes espessas, quartos grandes e arejados. Essas características citadas acima são utilizadas de que forma para manter o conforto térmico no interior da casa?

---

---

---

---

10- Explique como é possível reconhecer as características do conceito de conforto térmico?

---

---

---

---