



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

ALDECIR PEIXOTO MAIA

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

Mossoró/RN

Janeiro, 2020

ALDECIR PEIXOTO MAIA

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

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo 09, do Departamento de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz

Mossoró/RN

Janeiro, 2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P217c Peixoto Maia, Aldecir.
O CONFORTO TÉRMICO: UM CONTEXTO PARA ESTUDAR
TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO / Aldecir Peixoto Maia.
- 2020.
107 f. : il.

Orientador: Carlos Antonio López Ruiz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2020.

1. Propagação do calor. 2. Conforto térmico. 3.
Experimentos com Arduino. I. Lopez Ruiz, Carlos
Antonio, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

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

Aldecir Peixoto maia

Orientador

Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz

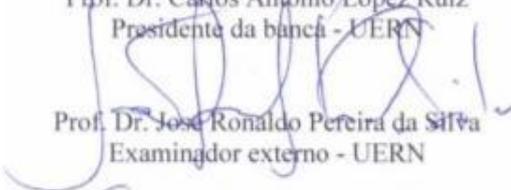
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 24 de Janeiro de 2020.

Banca Examinadora



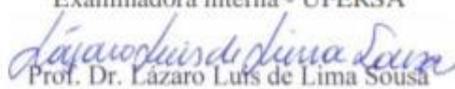
Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz
Presidente da banca - UERN



Prof. Dr. José Ronaldo Pereira da Silva
Examinador externo - UERN



Prof. Dra. Eúciana Angélica da Silva Nunes
Examinadora interna - UFERSA



Prof. Dr. Lázaro Luís de Lima Sousa
Examinador interno - UFERSA

Mossoró/RN

Janeiro - 2020

DEDICO

A Deus,

A minha amada esposa Keliane de Melo,

Aos meus amados pais Altevir Peixoto e Aldenora Sebastiana,

A minha Sogra Celia Melo,

Em memória a minha querida tia Izalete,

A minha família que tanto me fortalece,

E aos meus professores.

Agradecimentos

Ao meu orientador e amigo o Professor Dr. Carlos Antônio López Ruiz pelo empenho, ensinamento e paciência.

A Sociedade Brasileira de Física (SBF) pelo desenvolvimento deste Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Aos meus amados pais Altevir Peixoto e Aldenora Sebastiana, por sempre me incentivarem.

A minha querida e amada esposa Keliane de Melo, por todo amor, companheirismo e dedicação.

A minha sogra Celia de Melo pelos conselhos e ensinamentos.

Aos meus irmãos Aldenir Peixoto e Aldeniza Peixoto, por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus colegas de sala e amigos do Mestrado Profissional pelas parcerias nas dificuldades e trabalhos realizados, momentos de descontrações nestes semestres de convivência.

Aos membros da banca examinadora por terem aceitado o convite de participar da defesa e pelas valiosas considerações por virem.

A minha querida Bela por trazer paz nos momentos de ansiedade.

Aos alunos do segundo ano do turno matutino da ENOM, em especial aos meus queridos Josimar, Anabel, Gisrael, Jadi, Monica, Patricia, Bismark e Ruan.

A todos que contribuíram diretamente ou indiretamente para que eu pudesse concluir com êxito este trabalho.

“Seja qual for o rumo que tomarmos, nosso destino está indissolavelmente ligado à ciência”.

Carl Sagan (1934 – 1996).

RESUMO

No presente trabalho, realizado no âmbito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no polo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) e aplicado em uma turma de segundo ano do ensino médio matutino, na Escola Novo Mundo (ENOM), na cidade de Baraúna/RN, apresentamos uma sequência didática, com doze aulas de 40 minutos cada, sobre fundamentos de termologia, contextualizada na concepção de conforto térmico em ambientes fechados. Apresentam-se situações de aprendizagem visando a atribuição por parte dos alunos de significados a grandezas físicas relacionadas com a propagação do calor, considerando universo vivencial mais imediato desses alunos, suas residências e a escola. Para tanto, são contemplados recursos didáticos diversificados, tais como: aulas dialogadas, vídeos, experimentos demonstrativos, a mediação da umidade relativa do ar e a resistência térmica de paredes, utilizando o Arduino[®]. Tal concepção da sequência didática está em sintonia com os referenciais teóricos presentes nas recomendações didático pedagógicas sugeridas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio. A discussão dos resultados das medições de grandezas físicas relacionadas com o conforto térmico, realizadas pelos alunos nas suas residências e na escola, e as avaliações realizadas indicam para um satisfatório cumprimento dos objetivos da presente proposta de intervenção em sala de aula.

Palavras-chaves: Propagação do calor. Conforto térmico. Experimentos com Arduino.

Abstract

In the present work, carried out under the National Professional Master's Degree in Physics Education (MNPEF), at the Federal Rural University of Semi-Arid (UFERSA), and applied to a second-year class of the morning high school at Escola Novo Mundo (ENOM), in the city of Baraúna / RN, we present a didactic sequence, with twelve classes of 40 minutes each, about thermology fundamentals, contextualized in the conception of thermal comfort in closed environments. Learning situations are presented aiming at the attribution by the students of meanings to physical quantities related to the heat propagation, considering the most immediate living universe of these students, their residences and the school. For such, diversified didactic resources are contemplated, such as dialogued classes, videos, demonstrative experiments, the relative humidity of the air and the thermal resistance of walls, using Arduino®. This conception of the didactic sequence is in line with the theoretical references present in the pedagogical recommendations suggested in the National Curriculum Parameters for high school. The discussion of the results of the measurements of the physical quantities related to the thermal comfort, made by the students in their homes and the school, and the evaluations carried out indicate for a satisfactory accomplishment of the objectives of the present proposal of intervention in the classroom.

Keywords: Heat propagation. Thermal comfort. Experiments with Arduino.

Lista de figuras

Figura 2.1 - Fluxo de calor através de uma parede.....	21
Figura 2.2 - Dependência do coeficiente de trocas térmicas por convecção, h_c , da velocidade do ar.....	24
Figura 2.3 - Brisas marítima, à esquerda, e terrestre, à direita.....	24
Figura 2.4 - Equilíbrio térmico de corpos em cavidade a temperatura constante.....	25
Figura 2.5 - Esquema de corpo negro.....	26
Figura 2.6 - Radiação espectral de um corpo negro para diferentes temperaturas.....	27
Figura 2.7 - Fluxos de calor.....	29
Figura 2.8 - Ebulição da água.....	30
Figura 4.1 – Observando a sensação térmica.....	43
Figura 4.2 - Mudanças de escalas termométricas.....	44
Figura 4.3 – Tipos de termômetros.....	44
Figura 4.4 - Experimento 2. Capacidades térmica.....	45
Figura 4.5 - Resposta 01, trecho 0:45 a 0:55.....	51
Figura 4.6 – Resposta 02, trecho 1:30 a 1:40.....	51
Figura 4.7 – Resposta 03, trecho 1:55 a 2:10.....	52
Figura 4.8 – Resposta 04, trecho 2:55 a 3:40.....	52
Figura 4.9 - Previsão do clima.....	53
Figura 4.10 - Aplicativo índice de calor.....	57
Figura 4.11 - Montagem do experimento com Arduino.....	58
Figura 4.12 - Tela IDE do Arduino.....	59
Figura 4.13 - Montagem experimental com o Arduino.....	59
Figura 4.14 - Sensores DHT11 e caixa de madeira.....	60
Figura 4.15 - Montagem experimental do Arduino.....	61
Figura 4.16 - Montagem experimental do Arduino realizada pelos alunos.....	61

Figura 4.17 - Dados experimentais obtidos com o Arduino.....	62
Figura 4.18 - Resultados do ICT.....	62

Lista de gráficos

Gráfico 2.1 - Percentual de água no ar SATURADO.....	31
Gráfico 2.2 - Pressão de vapor saturado vs temperatura.....	32
Gráfico 4.1 - Percentual de água no ar saturado de vapor.....	54
Gráfico 4.2 - Umidade relativa x temperatura.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 - condutividade térmica de materiais de construção.....	22
Tabela 3.1 - trabalhos nos quais o conforto térmico é utilizado para a contextualização da terminologia.....	38
Tabela 4.1 - Respostas dos alunos.....	51
Tabela 4.2 - temperaturas na parede da caixa.....	60
Tabela 4.3 - sensação térmica.....	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PCN, PCN+ - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio

UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido

MNPEF - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

ENOM - Escola Novo Mundo

CBEF - Caderno Brasileiro de Ensino de Física

RBEF - Revista Brasileira de Ensino de Física

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	17
2.	O CONFORTO TÉRMICO E TERMOLOGIA	19
2.1	CALOR ESPECÍFICO E CAPACIDADE TÉRMICA.....	20
2.2	TROCAS DE CALOR E O CONFORTO TÉRMICO.....	20
2.2.1	TROCAS SECAS.....	20
2.2.1.1	CONDUÇÃO TÉRMICA.....	20
2.2.1.2	CONVECÇÃO TÉRMICA.....	23
2.2.1.3	RADIAÇÃO TÉRMICA.....	25
2.2.2	TROCAS ÚMIDAS	29
2.2.2.1	VAPORIZAÇÃO	29
2.2.2.2	CONDENSAÇÃO.....	30
2.2.2.3	UMIDADE DO AR.....	31
3.	A TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO	34
3.1.	O NOVO ENSINO MÉDIO.....	34
3.2.	ESTRATÉGIAS DE CONTEXTUALIZAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	36
3.3.	ABORDAGENS DO CONFORTO TÉRMICO NO ENSINO DA TERMOLOGIA.....	37
4.	IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	40
4.1	PRIMEIRO ENCONTRO. LEVANTAMENTO DO CONHECIMENTO PRÉVIO E APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	40
4.2	SEGUNDO ENCONTRO. TEMPERATURA.....	42
4.3	TERCEIRO ENCONTRO. CALOR.....	45
4.4	QUARTO ENCONTRO. FORMAS DE PROPAGAÇÃO DO CALOR. UMIDADE DO AR.....	47
4.5	QUINTO ENCONTRO. DETERMINAÇÃO EXPERIMENTAL DA RESISTÊNCIA TÉRMICA DE UMA PAREDE E DA UMIDADE RELATIVA DO AR.....	56
4.6	SEXTO ENCONTRO: AVALIAÇÃO SOMATIVA INDIVIDUAL E DISCUSSÃO DAS MEDIÇÕES DE RESISTÊNCIA TÉRMICA.....	62
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
	REFERÊNCIAS	65
	APÊNDICE 1 – PRODUTO EDUCACIONAL	67
	APÊNDICE 2: Questionário para o levantamento do conhecimento prévio	97

APÊNDICE 3: Algoritmo para medição da temperatura com Arduino.....	100
APÊNDICE 4: Algoritmo para medição da temperatura e da umidade do ar com Arduino.....	102
APÊNDICE 5: Questionário para a avaliação final.....	104

1. INTRODUÇÃO

Na procura por proporcionar uma boa qualidade de vida em ambientes fechados e ao mesmo tempo atender exigências técnicas da construção, os arquitetos buscam maneiras de projetar esses espaços em estreita relação com as condições do meio ambiente. Nesse sentido, a Física e mais especificamente a calorimetria são de fundamental importância para, por exemplo, garantir o conforto térmico, que no presente trabalho será utilizado para contextualizar em uma sequência didática conceitos relacionados com a propagação do calor.

A elaboração de uma proposta de ensino, visando suprir a falta de contextualização dos conteúdos, uma das deficiências mais significativas do chamado ensino tradicional, ainda presente em nosso sistema educacional (LIMA, 2012; FRAGA, 2007; RICARDO, 2007), se constitui na motivação fundamental do presente trabalho. Para tanto, consideramos referenciais teóricos e metodológicos presentes nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, PCN+), que incentivam a participação ativa do aluno, a partir de seu universo vivencial, no processo de ensino e aprendizagem, visando à atribuição de significados próprios aos conteúdos de ensino. O produto educacional aqui apresentado é resultado de nosso trabalho no polo da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) e foi aplicado na Escola Novo Mundo (ENOM), na cidade de Baraúna-RN, em uma turma de segundo ano do Ensino Médio.

O texto está estruturado em cinco capítulos, considerando a presente introdução como o primeiro. No segundo, abordamos, a nível da disciplina de Física Geral dos cursos de Licenciatura em Física, o conteúdo conceitual contemplado na sequência didática.

No terceiro capítulo apresentamos uma fundamentação teórica, baseada nos PCNEM e PCN+ por considerar que nesses documentos subjaz um bom referencial teórico para o ensino de Física com conteúdo de várias teorias de ensino e aprendizagem. Fazemos referência à teoria de aprendizagem significativa de David Ausubel, contemplando as contribuições de Joseph Novak e Marco Antônio Moreira, cujos fundamentos esboçamos. Justificamos a pertinência da nossa proposta no âmbito da pesquisa em ensino de Física no Brasil com base nos resultados de uma revisão bibliográfica nas revistas do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e

Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), dissertações dos cursos de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MPEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e livros e revistas de engenharia e arquitetura.

O quarto capítulo é dedicado ao planejamento e relato da implementação da sequência didática, caracterizando o contexto da sua aplicação.

No quinto e último capítulo apresentamos as considerações finais. Nele, com base nas observações e nos resultados das avaliações realizadas durante a implementação da sequência didática, discutimos como os objetivos da presente proposta de intervenção em sala de aula foram alcançados.

2. O CONFORTO TÉRMICO E A FÍSICA TÉRMICA

Quando falamos em ambiente confortável veem a mente variáveis tais como, por exemplo, as condições térmicas, acústicas, luminosas, e os fenômenos físicos a elas associados. Na arquitetura essas variáveis são questões básicas a serem consideradas, visando proporcionar aos espaços físicos as condições necessárias de habitabilidade. Para tanto, o arquiteto necessita ter, entre outros, conhecimentos sobre física térmica que lhe possibilitem projetar edificações de forma que, em função das condições climáticas às quais estarão submetidas essas edificações, em seus ambientes internos parâmetros termodinâmicos como a temperatura e umidade conservem valores tais que ofereçam conforto térmico a seus ocupantes. Essas condições climáticas estão relacionadas com a topografia da região, o regime de chuva, a vegetação e a radiação solar. Elas, junto com as condições de funcionamento do corpo humano, são fatores presentes no estudo do conforto térmico.

Como é conhecido o corpo humano funciona normalmente num estreito intervalo de variação da temperatura (36,5 – 37) °C. Para manter constante esse intervalo de temperatura nosso organismo realiza trocas térmicas com o meio ambiente em que está inserido por meio do metabolismo. Essa termorregulação pode ser associada à eficiência de uma máquina térmica, que utiliza a energia produzida por meio do metabolismo para manter a temperatura do organismo constante. Experimenta-se uma sensação de conforto térmico quando essa máquina térmica utiliza menos energia para realizar a termorregulação. Nesse caso, a energia produzida pelo metabolismo é mais compatível com as atividades realizadas pela pessoa nesse meio ambiente.

Na comunicação oral, no nosso cotidiano, não sempre se estabelece uma diferenciação conceitual entre temperatura e calor. Na Física sim. A temperatura do ponto de vista termodinâmico é uma grandeza física que caracteriza o equilíbrio térmico entre dois ou mais corpos. Dois corpos estão em equilíbrio térmico se suas temperaturas são iguais. Na teoria cinético molecular a temperatura é conceituada como uma medida da energia cinética média do movimento caótico e desordenado das moléculas. No que diz respeito ao conceito de calor, ele representa uma maneira de variar a energia interna de sistemas macroscópicos que se encontram a temperaturas diferentes. A quantidade de energia trocada nessa interação, por razões

históricas associadas a concepção do calor como um tipo peculiar de substância vigente no século XVIII, o calórico, é denominada quantidade de calor.

2.1 Calor específico e capacidade térmica

A quantidade de calor, dQ , necessária para variar a unidade de massa de uma determinada substância num grau de temperatura denomina-se calor específico dessa substância. Assim sendo, podemos escrever que,

$$dQ = m.c dT \quad (2.1)$$

onde c é o calor específico da substância

No caso de um intervalo finito de temperatura e considerando c como uma determinada função da temperatura $c = c(T)$ a quantidade de calor, Q , será igual a:

$$Q = m \int_{T_1}^{T_2} c (T) . dT \quad (2.2)$$

Se o calor específico permanecer constante no intervalo de temperatura ($T_2 - T_1$) a quantidade de calor será igual a

$$Q = m.c. (T_2 - T_1) \quad (2.3)$$

2.2 Trocas de calor e o conforto térmico

No estudo do conforto térmico nos cursos de arquitetura (FROTA, SCHIFFER, 1995) distinguem dois tipos de trocas térmicas, as secas e as úmidas. As primeiras estão associadas aos processos de transferência de calor por condução, convecção e radiação. As segundas apenas contemplam as transições de fases da água de líquido para vapor e deste para líquido.

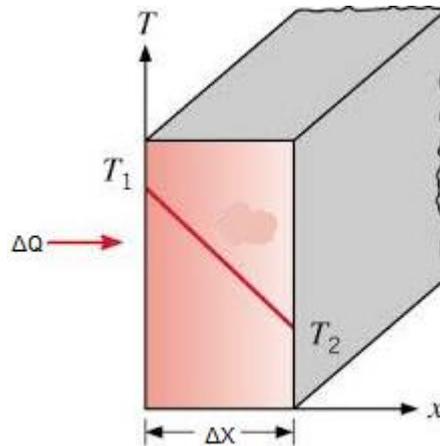
2.2.1 Trocas secas

2.2.1.1 Condução térmica

O fenômeno da condução do calor consiste na transferência de energia cinética dos átomos a seus vizinhos. Tal definição desse fenômeno, com base no conceito de temperatura no âmbito da teoria cinético molecular, é equivalente a dizer que a condução de calor só acontece entre as partes de um sistema macroscópico (sólido, líquido ou gasoso) que se encontram a temperaturas diferentes.

Essa forma de propagação do calor pode ser discutida por meio de um exemplo: uma parede que está recebendo raios solares no decorrer de todo o dia (Fig. 2.1).

Figura 2.1: fluxo de calor através de uma parede



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

Nessa situação, resultados experimentais mostram que a quantidade de calor ΔQ transportada num intervalo de tempo Δt , através de um elemento de superfície ΔS dessa parede de espessura ΔX , cujas partes externas e internas têm temperaturas T_1 e T_2 respectivamente é igual a:

$$\Delta Q = \frac{K \Delta S \Delta t (T_1 - T_2)}{\Delta X} \quad (2.4)$$

Onde k é a condutividade térmica. A equação (2,4) foi obtida experimentalmente por Joseph Fourier (1768-1830). Ela pode ser escrita em forma diferencial como

$$\frac{dQ}{dt dS} = q = K \left(\frac{dT}{dX} \right) \quad (2.5)$$

Onde $dQ/dt dS$ é fluxo de calor q através da superfície dS . E sua generalização em forma vetorial se apresenta como

$$\mathbf{q} = - K \text{ grad } T \quad (2.6)$$

Onde, no sistema cartesiano de coordenadas XYZ,

$$\text{grad } T = \mathbf{i} \frac{dT}{dX} + \mathbf{j} \frac{dT}{dy} + \mathbf{k} \frac{dT}{dz} \quad (2.7)$$

O sinal negativo em (2.6) indica que os vetores \mathbf{q} e $\text{grad } T$ têm sentidos opostos. O gradiente de temperatura está dirigido no sentido que a temperatura aumenta e o fluxo de calor no sentido da diminuição desta.

A partir de (2.4) é possível analisar se a utilização de um determinado material atende às exigências de conforto térmico. Assim, por exemplo, nas regiões com elevado índice de radiação solar e conseqüentemente com altos valores da temperatura, características climáticas típicas do semiárido nordestino de nosso país, para garantir uma queda significativa da temperatura entre as paredes externa e interna dos ambientes se deve priorizar o uso de materiais de construção com baixa condutividade térmica.

Da Tabela 2.1 se pode inferir que a composição do material, e conseqüentemente sua densidade, é determinante no valor da sua condutividade térmica. Como a condutividade térmica do ar em condições normais de temperatura e pressão é apenas de 24,1 mW/m.K materiais porosos têm baixa condutividade térmica o que sugeri a conveniência de seu uso nas construções, visando o conforto térmico.

Tabela 2.1: condutividade térmica de materiais de construção

matérias	Densidade, Kg/m ³	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.

2.2.1.2 Convecção térmica

Diferente da condução térmica que acontece sem deslocamento da substância nos estados gasoso, líquido e sólido de agregação, a propagação do calor por convecção se dá pelo movimento de matéria entre partes da substância que se encontram a temperaturas diferentes. Portanto, ela só ocorre nos fluidos, ou seja, nos

líquidos e nos gases, devido à variação da densidade provocada pela diferença da temperatura e à ação da gravidade.

Como a troca de calor por convecção está relacionada com o movimento de líquidos ou gases em um campo de temperatura não homogêneo, a obtenção das equações que a descrevem torna-se um problema matemático bastante difícil, que sai do escopo da presente apresentação. Entretanto, no estudo do conforto térmico nos cursos de arquitetura utilizam para caracterizar a troca de calor entre dois corpos, sendo um deles sólido (parede) e o outro um fluido (líquido ou gás) a expressão empírica (FROTA, SCHIFFER, 1995 pag. 32)

$$q_c = h_c (t - \theta) \quad (2.8)$$

onde:

q_c — intensidade do fluxo térmico por convecção (W/m^2);

h_c — coeficiente de trocas térmicas por convecção ($W/m^2\text{°C}$);

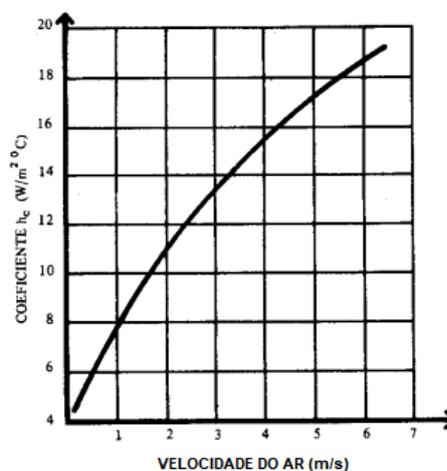
t — temperatura do ar (°C);

θ — temperatura da superfície do sólido (parede) (°C),

sendo que $t > \theta$ ou $\theta > t$.

O valor de h_c depende da velocidade do ar entorno da parede. E, como se pode apreciar da Fig. 2.2 ele aumenta com o aumento da velocidade do ar.

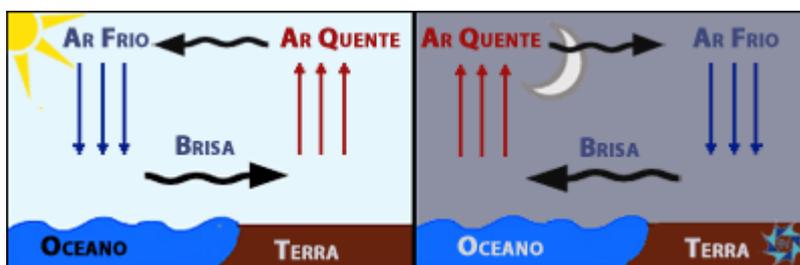
Figura 2.2: dependência do coeficiente de trocas térmicas por convecção, h_c , da velocidade do ar



Fonte: Frota, Anésia Barros, and Sueli Ramos Schiffer. Manual de conforto térmico. Studio Nobel, 1995. Pag. 33.

A convecção térmica possibilita a circulação do ar tanto no interior quanto no exterior dos imóveis. Uma manifestação bem conhecida da convecção são as brisas marítimas. Devido à diferença dos calores específicos da água e da terra o movimento do ar nas costas tem sentidos diferentes pela manhã e ao escurecer. Pela manhã a superfície da terra, cuja calor específico é menor que o da água se aquece mais rápido que o mar. Conseqüentemente a temperatura do ar sobre a superfície da terra é maior que a do ar sobre o mar. Em decorrência disto a densidade do ar sobre a terra resulta ser menor que a do ar sobre o mar, provocando um movimento do ar sobre o mar em direção à terra. Ao escurecer esse movimento do ar acontece em sentido contrário, da terra, que se esfriou mais rápido que o mar, para o mar Fig. 2.3.

Figura 2.3: brisas marítima, à esquerda, e terrestre, à direita



Fonte: (IPMA, 2018) com adaptações.

O princípio de funcionamento dos os aquecedores, que são instalados na parte inferior dos cômodos, e dos ar condicionados, que são instalados na parte superior, é a convecção térmica.

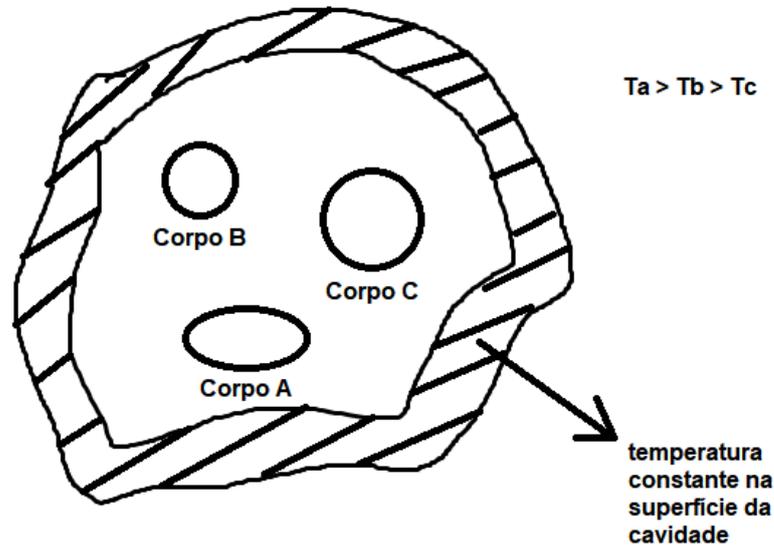
2.2.1.3 Radiação térmica

A emissão de ondas eletromagnéticas pelos corpos acontece a partir de diferentes formas de energia, tais como, a resultante das reações químicas e das descargas elétricas, entre outras. A radiação que acontece utilizando apenas a energia interna dos corpos se chama de radiação térmica, os outros tipos de radiação que não são térmicas recebem o nome de luminescência.

A característica fundamental da radiação térmica é que ela acontece em equilíbrio termodinâmico. Assim, se numa cavidade que se encontra a uma temperatura constante são colocados vários corpos a diferentes temperaturas fig. 2.4, ao passar um determinado intervalo de tempo, entre eles se estabelece o equilíbrio termodinâmico. Isso acontece porque os corpos que se encontravam a maior

temperatura emitem mais radiação da que absorvem, e os que se encontravam a uma menor temperatura absorvem mais radiação da que emitem.

Figura 2.4: Equilíbrio térmico de corpos em cavidade a temperatura constante



Fonte: autoria própria

Com base nesse resultado experimental podemos concluir que, a despeito dos corpos terem diferentes poder de emissão e absorção da radiação, a relação entre essas duas últimas propriedades deve ser uma constante para todos os corpos. Tal afirmação constitui o conteúdo da lei de Kirchhoff, que pode ser enunciada da seguinte maneira: a relação entre o poder de emissão (R_{wT}) e de absorção (A_{wT}) não depende da natureza dos corpos, sendo uma função universal da frequência e da temperatura.

$$\frac{R_{wT}}{A_{wT}} = f(w, T) \quad (2.9)$$

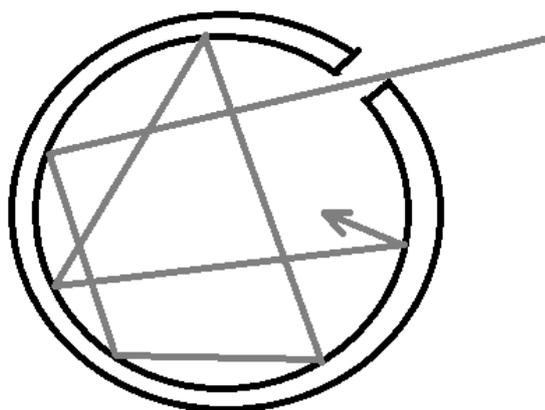
Portanto, o corpo que mais absorve a radiação de determinada frequência (w) será também quem mais a emite.

O corpo, cujo poder de absorção é igual a um ($A_{wT} = 1$) denomina-se corpo negro. Para ele seu poder de emissão R_{wT} é igual à função universal $f(w, T)$. Daí sua importância teórica. O conhecimento do poder de emissão espectral do corpo negro para uma determinada temperatura, R_{wT} , implica na determinação da função universal $f(w, T)$.

Na natureza corpos negros não existem. No entanto, podemos construir um dispositivo cujas propriedades sejam quase iguais à do corpo negro. O esquema de tal dispositivo é mostrado na Fig. 2.5 como uma cavidade com paredes internas

refletoras e um pequeno orifício. Nesse dispositivo a radiação que entra pelo orifício experimenta reflexões em cada uma das quais certa porção da radiação incidente é absorvida. Assim, como resultado de muitas reflexões a energia da radiação incidente é completamente absorvida. Por tanto, o poder de absorção desse dispositivo é igual a um e a emissão que sai da cavidade, através do orifício, é igual à do corpo negro, cuja temperatura coincide com a temperatura das paredes da cavidade.

Figura 2.5: Esquema de corpo negro.



Fonte: autoria própria

Na tentativa de explicar os resultados experimentais da radiação do corpo negro com base num princípio básico da física produzida até finais do século XIX, o de equipartição da energia cinética pelos graus de liberdade, este se tornou inconsistente.

Essa inconsistência foi superada por Planck ao postular que a energia é emitida não de forma contínua como o princípio acima aludido pressupõe, e sim de forma discreta, em pacotes denominados quanta de energia, cujos valores, E_k , se determinam pela expressão

$$E_k = hf \quad (2.10)$$

Onde $h = 6,62607004 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg} / \text{s}$ é a constante de Planck e f a frequência da radiação emitida.

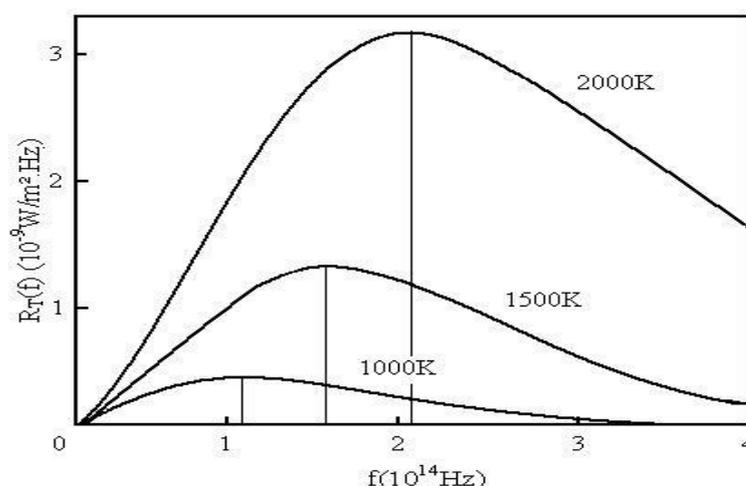
Com base nessa consideração do caráter discreto de emissão da energia ele obteve a fórmula do poder de emissão espectral do corpo negro para diferentes temperaturas, que coincide com os resultados experimentais alcançados no estudo da radiação do corpo negro,

$$f(w, T) = \frac{\hbar w^2}{4\pi^2 c^2} \frac{1}{e^{-\frac{\hbar w}{kT}} - 1} \quad (2.11)$$

onde $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ e c é a velocidade da luz.

A Fig. 2.6 mostra o poder de emissão espectral do corpo negro para diferentes temperaturas.

Figura 2.6: radiação espectral de um corpo negro para diferentes temperaturas.



Fonte: EISBERG, Robert RESNICK. Pag. 21

As leis da radiação do corpo negro podem ser facilmente obtidas a partir função de Planck. Assim, a lei de Stefan-Boltzmann que estabelece que a energia emitida pelo corpo negro por unidade de tempo e de superfície é proporcional a temperatura elevada à quarta potência pode ser obtida a partir do cálculo da integral da função de Planck no intervalo de frequência de zero ao infinito

$$\int_0^{\infty} R(w, T) dw = \vartheta \cdot T^4 \quad (2.12)$$

Onde $\vartheta = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}^4)$ é a constante de Stefan-Boltzmann

A dependência da temperatura do valor da frequência (ou do comprimento de onda) para o qual o poder de emissão espectral é máximo se pode obter a partir de igualar a zero a derivada da função de Planck. Assim, se temos a lei do deslocamento de Wien: a frequência correspondente ao máximo de emissão é proporcional à temperatura,

$$w_{max} \propto T \quad (2.13)$$

onde w_{max} é a frequência para a qual a radiação espectral R_T tem seu valor máximo.

A radiação do corpo negro representa o limite máximo de radiação que um corpo real pode emitir num dado comprimento de onda, para uma dada temperatura. Para corpos reais, define-se uma quantidade chamada emissividade ϵ , determinada como a relação entre capacidade de emissão desse corpo real (E) e do corpo negro (E_{cn})

$$\epsilon = E/E_{cn} \quad (2.14)$$

Assim, o poder emissivo de um corpo não negro será igual a,

$$E = \epsilon \cdot \vartheta \cdot T^4 \quad (2.15)$$

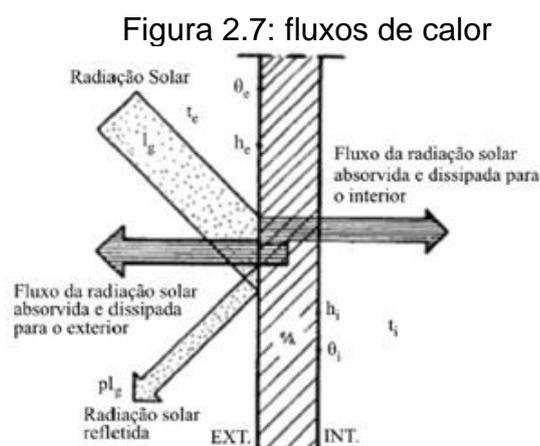
Na arquitetura, o poder emissivo de um corpo é utilizado para calcular a energia irradiada por unidade de tempo, P, pela superfície com base na expressão.

$$P = \epsilon \cdot \vartheta \cdot A (T_p^4 - T_A^4) \quad (2.16)$$

Onde T_p e T_A são as temperaturas da parede e do ambiente respectivamente e A a superfície da parede.

Assim sendo, $P > 0$ indica que a parede emite mais energia do que absorve. Em caso contrário, quando $P < 0$ ela, a parede, absorve mais energia da que emite.

A análise desses parâmetros possibilita obter sensações termicamente agradáveis do conforto térmico por meio do controle dos fluxos de calor indicados na Fig.2.7.



Fonte: Frota, Anésia Barros, and Sueli Ramos Schiffer. Manual de conforto térmico. Studio Nobel, 1995. (com adaptações).

2.2.2 Trocas úmidas:

2.2.2.1 Vaporização

São dois os processos de transformação da substância do estado líquido para o gasoso: evaporação e ebulição. O primeiro acontece a qualquer temperatura. Isso acontece porque como as moléculas do líquido possuem diferentes velocidades, para uma dada temperatura sempre há certa quantidade de moléculas que possuem a energia cinética necessária para superar a força de atração do líquido e abandonar este, passando para o estado gasoso. Como no processo de evaporação o líquido perde as moléculas com maior energia cinética sua temperatura diminui. Isso explica, em particular, a sensação de frialdade que experimentamos quando o corpo está molhado.

A ebulição se caracteriza pela formação de vapor desde o interior do líquido. Ela acontece a uma determinada temperatura e pressão para cada líquido. O processo está associado à formação de bolhas dentro líquido a partir de impurezas nele presentes. Com o aumento da temperatura as bolhas crescem, carregando em seu interior, no seu movimento para a superfície, vapor que é liberado para o exterior do líquido quando a bolha atinge a superfície deste e se quebra. Para esse processo acontecer é necessário que a pressão de vapor dentro da bolha seja maior que a pressão do meio externo. No caso da água, por exemplo, a ebulição acontece a 100 °C quando a pressão externa é de uma atmosfera. Quando esta é menor a temperatura de ebulição será também menor. Durante a ebulição a agitação do líquido é violenta Fig. 2.8, o que não acontece durante a evaporação.

Figura 2.8: ebulição da água



Fonte: <https://educalingo.com>

Os dois processos de formação de vapor acima esboçados são endotérmicos. O sistema recebe energia do meio externo, ocasionando uma transformação no arranjo físico das moléculas que se traduz numa mudança do estado de agregação da substância.

2.2.2.2 Condensação

A condensação é um processo exotérmico no qual a substância passa do estado gasoso para o líquido. Sempre que um gás perde energia, suas partículas passam a ter menor agitação até perder as características intrínsecas da fase gasosa e se tornar um líquido. A mudança de fase pode acontecer nos seguintes casos; quando a temperatura do local diminui, quando o composto gasoso encontra uma superfície a uma temperatura baixa ou quando o material é submetido a pressões extremas.

O calor envolvido nos processos de ebulição e condensação é característico para cada substância e se calcula por meio da fórmula,

$$Q = L \cdot m \quad (2.17)$$

Onde Q é a quantidade de calor, L é o calor latente específico da substância e m é massa da substância. No caso da ebulição Q será absorvido pelo líquido e na condensação liberado pelo gás.

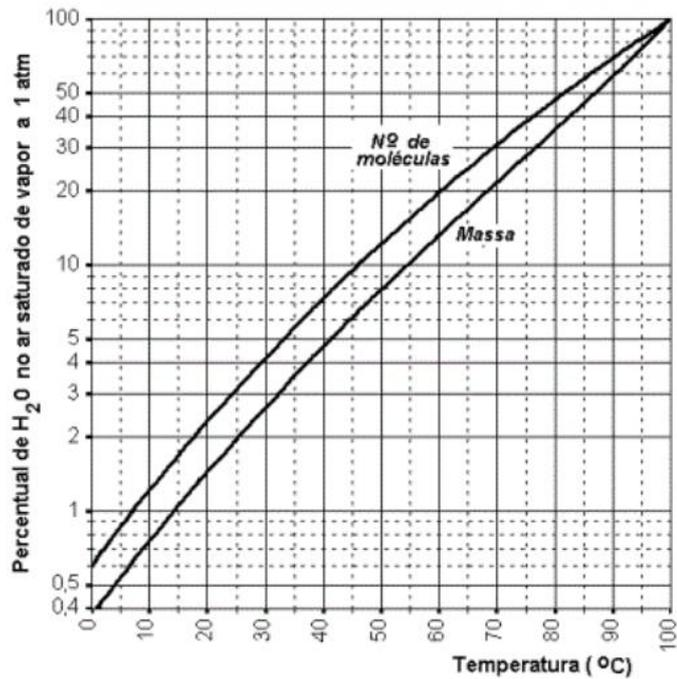
2.2.2.3 Umidade do ar

A umidade absoluta do ar U_{abs} é a quantidade de vapor de água presente na atmosfera. Ela indica a massa (m) de vapor de água por unidade de volume (v) de ar

$$U_{abs} = m/v \quad (2.18)$$

A umidade absoluta se pode determinar pelo ponto de orvalho. Assim é denominada a temperatura para a qual o vapor de água, que a outra temperatura não saturava, o ar o satura. No gráfico 1 se mostra o percentual de vapor de água no ar saturado em função da temperatura.

Gráfico 2.1: percentual de água no ar SATURADO

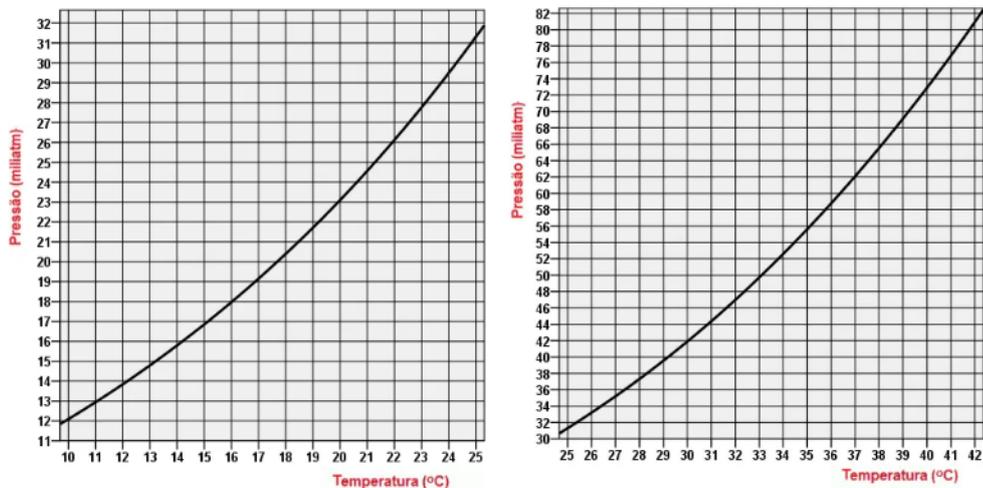


Fonte: (CREF, 2014) como se determina a umidade relativa.

A partir do gráfico 1 podemos analisar a relação entre a quantidade de água existente no ar (umidade absoluta) e a quantidade máxima que poderia haver na mesma temperatura (ponto de saturação).

Abaixo do ponto de saturação, a temperatura na qual se inicia a condensação e a umidade se acumula sob a forma de pequenas gotas ou neblina, iniciando o processo de condensação, obtém-se o ponto de orvalho (Gráfico 2.2).

Gráfico 2.2: Ponto de Orvalho



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

Se define a umidade relativa do ar (U_r) 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}) de vapor saturado.

$$U_r = \frac{P}{P_{max}} \cdot 100\% \quad (2.19)$$

Existe diversas maneiras de medir a umidade relativa do ar e calcular a velocidade de evaporação da água. A mais utilizada é o psicrômetro, no entanto é possível utilizar um método mais simples. Com um recipiente de metal contendo água, um termômetro e um pouco de gelo picado. Utilize o termômetro para observar a temperatura ambiente (T_{amb}), depois junte o termômetro ao recipiente com água e adicione aos poucos o gelo picado até que a água comece a condensar na superfície externa do recipiente, a temperatura registrada no termômetro é o ponto de orvalho (T_{orv}).

A partir da “Lei de Clausius-Clapeyron” utilizada MARK G. LAWRENCE e adaptada por Fernando Lang, temos a expressão abaixo para se calcular a umidade relativa (UR).

$$UR = e^{4900 \left(\frac{1}{T_{amb}} - \frac{1}{T_{orv}} \right)} \quad (2.20)$$

Em ambientes fechados, a temperatura e a umidade do ar são fatores responsáveis pela sensação térmica. Considera-se termicamente confortável um ambiente cuja temperatura esteja entre (23 – 27) °C e a umidade relativa do ar entre (30 – 70) %.

3. A TERMOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

3.1 O novo ensino médio

É possível notar que a educação em nosso país nas últimas décadas vem passando por um momento turbulento e com várias mudanças que afetam diretamente todas as redes de ensino. Observando essas mudanças pesquisadores vem realizando constantemente diversas intervenções que ajudam a monitorar, avaliar e qualificar a qualidade da educação básica. No entanto, os resultados obtidos estão aquém dos desejados para a educação esperada na rede pública de ensino, principalmente no ensino médio. E, no caso da física, nos permitem observar algumas das falhas existentes relacionadas com a dificuldade dos professores em ministrar o conteúdo, o desinteresse dos alunos e a prática de um ensino tradicional que não privilegia o universo vivencial dos alunos e a construção dos conceitos físicos.

Para Alves e Stachak (2005), os professores se deparam constantemente com inúmeras dificuldades ao ensinar física de maneira prazerosa e contextualizada para os jovens, uma vez que eles não demonstram interesse em aprender o conteúdo, somente se preocupando com as notas e a aprovação. Essa é uma das fragilidades que constantemente é encontrada no ensino de ciências, que implica no rápido esquecimento dos conteúdos estudados.

A fragilidade anteriormente mencionada está relacionada com que, no ensino, o contexto histórico e cotidiano dos alunos são desconsiderados. Esse cenário parece distante de uma aprendizagem significativa de real importância na formação do estudante, como também não viabiliza a criação de situações de aprendizagem significativas (MOREIRA, 1999).

Para Nascimento (2010), o ensino de física tanto no ensino médio quanto no superior apresenta fragilidades, pois mesmo após os alunos frequentarem esses níveis de ensino, eles mostram pouco conhecimento acerca dos fenômenos físicos e de suas manifestações nos fenômenos naturais e processos tecnológicos.

Para desenvolver no aluno competências e habilidades que atendam as exigências da sociedade contemporânea é necessário corrigir essas deficiências presentes no ensino atual, focado na simples memorização de fórmulas e repetição automatizada de procedimentos (BRASIL, 2002).

As habilidades não podem ser desenvolvidas individualmente. Elas precisam estar ligadas a determinadas competências, cuja constituição pode ser viabilizada por meio da contextualização dos conteúdos, utilizando como um dos meios dessa contextualização a interdisciplinaridade.

Formando as habilidades e competências necessárias, o aluno ao concluir o ensino médio será capaz de observar a natureza e compreendê-la através dos fenômenos físicos (MOREIRA, 2002). Partindo desse pressuposto, o ensino de física necessita ser apresentado de forma atuante, por meio de um conjunto de princípios, leis e modelos com uma estrutura própria que se distancie da abordagem mecanicista que atualmente é aplicada.

Nesse sentido, os critérios de seleção para definir os conteúdos a serem ministrados, deve levar em conta o sentido mais amplo de uma formação desejada, buscando através das habilidades e competências desenvolver o conhecimento significativo acerca do conteúdo a ser ministrado.

Comumente em muitas escolas adotam os conteúdos retirados de livros dos cursos de graduação, que são divididos por tópicos; mecânica, termologia, óptica, ondulatória, eletricidade, eletromagnetismo e Física moderna. Não que essa divisão esteja errada ou ultrapassada, mas é necessário trabalhá-la em conjunto com outras áreas de conhecimento, relacionando-a com competências predeterminadas e contemplando o universo vivencial dos alunos. Para tanto, é necessária uma reflexão do conteúdo, com investigação a fundo da temática, visando identificar as questões a serem abordadas.

Os PCNEM e PCN+ propõem caminhos facilitadores, situações em que a abordagem da interdisciplinaridade deve ser trabalhada por meio de temas estruturadores. Nesse contexto, o ensino de física necessita utilizar novos métodos de explorar o conhecimento, procurando maneiras que estreite os laços da comunidade escolar com a sociedade, formando competências e construindo um pensamento crítico acerca dos fenômenos naturais presentes no cotidiano dos alunos, assim, deixando de ser simplesmente preparatório para uma graduação ou ensino profissionalizante, para assumir necessariamente a responsabilidade de completar a educação básica.

Para essa abordagem é essencial que se faça uma releitura, organizando os conteúdos e escolhendo uma abordagem que privilegie uma aprendizagem significativa. Um dos temas propostos no PCN+ por Brasil (2002) é Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia, ele abre a possibilidade de organizar os caminhos para o desenvolvimento dos saberes e aptidões através do estudo do calor, uma competência importante que permite lidar com fontes de energia, processos, propriedades térmicas de diferentes materiais, variações climáticas e ambientais, bem como, os aparatos tecnológicos que envolvem o controle do calor em ambientes.

3.2 Estratégias de contextualização no ensino de Física

Como assinalamos anteriormente, atualmente é preciso desenvolver no aluno as habilidades e competências para lidar com os avanços tecnológicos e a preocupação com a conservação do meio ambiente. Nos PCNEM e PCN+ são apresentados três tipos de competências e habilidades: de representação e comunicação, de investigação e compreensão e de contextualização sociocultural. A concepção das finalidades do ensino em termos de competências e habilidades visa um processo de ensino aprendizagem menos conteudista e mais focado no desenvolvimento e preparação dos alunos para os desafios do mundo contemporâneo. Sendo assim, a contextualização da terminologia utilizando o conforto térmico como instrumento para a aplicação do tema estruturado Calor, Ambiente, Fontes e Usos de Energia pode propiciar a formação dessas competências e habilidades.

Em suma, o jovem precisa sair do ensino médio capaz de observar o mundo e compreender as leis físicas que o regem ao mesmo tempo que tenha o senso crítico para conviver em sociedade, sendo capaz de observar, conhecer e aprender a lidar com as mudanças constantes do meio social. Para tanto é preciso romper com os paradigmas de que o ensino médio é simplesmente preparatório para o ensino superior ou profissionalizante e conciliar o conteúdo discutido em sala de aula com a realidade do aluno, objetivando no desenvolvimento do aluno meios pelo qual ele seja capaz de compreender fenômenos ambientais e tecnológicos (BRASIL, 2002).

A contextualização do ensino de Física exige que professor ocasiona mudanças no pensamento crítico do aluno, quebrando barreiras e formando um cidadão contemporâneo, atuante e solidário. Essa concepção, demarcam as ações

pedagógicas propostas pelos PCN+ mostrando que o princípio deixa de ser o que se deve ensinar para os alunos, alterando-se em para que ensinar.

Contudo, para se chegar a esse nível de excelência é necessário corrigir deficiências presentes no ensino atual, em que em muitos casos já se encontra ultrapassado para a sociedade contemporânea, como os exemplos citados anteriormente de professores com dificuldade em ministrar o conteúdo, o desinteresse do aluno e a prática da educação tradicional e mecanicista são cenários que estão distante de propiciar uma aprendizagem significativa de real importância na formação do estudante.

A contextualização do conteúdo é fundamental para facilitar o entendimento do aluno, uma vez que essa estratégia facilita a atribuição de significados aos fatos e problemas que constantemente fazem parte do seu cotidiano. Assim, o aluno ganha ferramentas para observar, analisar e compreender o mundo. Tal abordagem no ensino de Física está de acordo com as propostas das DCNEM, uma vez que é possível conceber a contextualização como um recurso para tornar a aprendizagem significativa ao associá-la com experiências da vida cotidiana do aluno, importante fonte de seus conhecimentos prévios (Brasil, 1999, p.94).

Trabalhar a contextualização, não é tarefa fácil. É necessário conhecer o meio em que o aluno se encontra, organizar estratégias e procurar formas de introduzir o conteúdo em consonância com a sua realidade, criando situações de aprendizagem que deverão ser concebidas considerando o conhecimento prévio que o aluno traz consigo (Ausubel, David, NOVAK, 1980).

3.3 Abordagens do conforto térmico no ensino da termologia

O conforto térmico tem se mostrado uma excelente proposta de contextualização do ensino de termologia. Na tabela 3.1 apresentamos alguns dos estudos acadêmicos que utilizam o conforto térmico como um componente didático.

Tabela 3.1: trabalhos nos quais o conforto térmico é utilizado para a contextualização da terminologia

Trabalho	Tema	Autor(es)	Revista	Intuito
A	Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula	Silva e Laburú (2008).	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	Revisão histórica da abordagem do calor em sala de aula.
B	Monitorando a Temperatura e a Umidade da Sala com Arduino: uma experiência no formato de oficina do PIBID-Física em uma escola pública estadual em Ilhéus-BA	Stuchi <i>et al.</i> (2019).	Revista do Professor de Física	Contextualizar o ensino de física através da utilização de novas tecnologias.
C	O aquecedor solar na sala de aula	Dworakowski, <i>et al.</i> (2010).	Revista Experiências em Ensino de Ciências	Desenvolver uma alternativa didática para a contextualização do conceito de calor abordando práticas interdisciplinares.
D	Ensinando física com consciência ecológica e com materiais descartáveis	Damasio e Steffani (2007).	Revista Brasileira de Ensino de Física	Construção de aquecedores solares caseiros para a conscientização do aquecimento global e o ensino de física.
E	Conforto térmico em residências como uma proposta de contextualização para o ensino de termodinâmica no ensino médio	Lima e Amorim (2012).	UFRJ - UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO	Relacionar os problemas do conforto térmico em residências em consonância com as propostas do PCN.

Fonte: autoria própria (2019).

No trabalho A as reflexões dos autores contribuíram com uma nova abordagem do conceito de calor no processo educacional. Eles relatam que o calor é um dos conceitos mais difíceis de ser aprendido e ensinado na física. Discute como a definição é inúmeras vezes apresentada de forma errônea nos livros didáticos e sugere alternativas para sua contextualização. São propostas algumas alternativas para o ensino da física que podem ser utilizadas pelos professores quando estiverem trabalhando conceitos de física térmica.

Já no artigo B os autores propõem a utilização das novas tecnologias de ensino como alternativa para contextualizar o conteúdo de terminologia através da sensação térmica. A sua ideia principal é o desenvolvimento de um dispositivo que possa medir o desconforto térmico nas salas de aula. Por fim, os autores ressaltam que os alunos

ficaram surpresos com as possibilidades de aplicação da física em diferentes situações do seu cotidiano.

Na análise do trabalho C foi possível observar uma abordagem do processo de ensino aprendizagem propostos nos PCN+ para a contextualização do tema energia e meio ambiente, realizando uma prática interdisciplinar de construção de um aquecedor solar com materiais de baixo custo. O desenvolvimento do projeto demonstrou ser uma excelente maneira para propiciar a formação das competências e habilidades sugeridas nesse documento.

No artigo D os autores desenvolveram sua atividade interdisciplinar para conscientizar os impactos do aquecimento global e assim desenvolver os conteúdos de física térmica. Eles afirmam que a aplicação do trabalho alcançou os resultados, uma vez que desenvolveram os conceitos físicos presente no dia-a-dia dos alunos, ao mesmo tempo que provinham cidadãos com responsabilidade social.

Na dissertação E, apresenta-se uma sequência didática, na qual o conforto térmico é utilizado para ensinar dos conteúdos de física térmica. Nela, os autores contemplam atividades interdisciplinares em consonância com as propostas do PCN+. Vale salientar que eles ressaltam que a sequência se mostrou eficaz, uma vez que os alunos participaram ativamente da aplicação de todo o projeto e que ao longo de todo o percurso, foi possível contextualizar o conteúdo com a realidade da turma. Dizem que a abordagem do conforto térmico facilitou uma abordagem interdisciplinar da física térmica. Por fim, os autores justificam que a aplicação da sequência possibilitou uma aprendizagem significativa dessa temática.

Com base no acima exposto, em nossa proposta de intervenção em sala de aula pretendemos identificar e avaliar os elementos que propiciam conforto térmico em residências e outros locais, uma vez que através dessa identificação é possível contextualizar conteúdos de termologia tais como: diferentes fontes de energia, formas de propagação do calor e os processos de transformações da energia. Ao mesmo tempo daremos ênfase à compreensão dos sistemas que envolvem troca de calor, identificando os processos envolvidos e reconhecendo as propriedades térmicas dos materiais.

4 IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A aplicação aconteceu em uma turma de 32 alunos do ensino médio do turno matutino, da Escola Novo Mundo – ENOM, localizada na cidade de Baraúna/RN pertencente a rede particular de ensino. Ela conta com a infraestrutura básica de funcionamento, faltando laboratórios de ciências.

Neste capítulo apresentamos o relato da implementação do produto educacional realizada durante o mês de março de 2019, em uma turma de segundo ano do Ensino Médio da Escola Novo Mundo - ENOM, localizada na cidade de Baraúna/RN.

4.1 Primeiro encontro. Levantamento do conhecimento prévio e apresentação da sequência didática.

A aula foi iniciada com uma conversa sobre a nossa proposta de implementação de uma sequência didática sobre termologia, utilizando como contexto de aprendizagem o conforto térmico. Destacamos a necessidade da participação da turma durante o desenvolvimento das aulas. Na ocasião, falamos da importância do conhecimento prévio dos alunos para conseguir uma aprendizagem significativa dos conteúdos de ensino. A maioria dos alunos ficou entusiasmada com a proposta, enxergando nela a possibilidade de superar aulas monótonas, nas quais se utilizam como recursos didáticos apenas o pincel e o quadro.

Na sequência apresentamos o vídeo presente no Produto Educacional - PE, conforto térmico - parte 1, que trata do conforto térmico numa casa do século XIX no estado de São Paulo, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=OjlgD1fxuEI> (acessado em 09/08/2018). A escolha do vídeo se deu pela relevância como é abordado o tema, que é o foco da sequência didática. No vídeo são abordados os conceitos físicos, tais como, a umidade relativa, e as três formas de propagação do calor.

Após a apresentação do vídeo aplicamos um questionário com cinco perguntas para levantar o conhecimento prévio da turma, sendo quatro delas subjetivas a serem respondidas nessa aula e uma quinta, objetivando a realização de uma pesquisa sobre a arquitetura das casas da cidade, cuja resposta deveria ser entregue no próximo encontro. As perguntas contemplaram os conceitos básicos a serem

abordados na sequência didática, tais como: temperatura, calor, suas formas de propagação e umidade relativa. Para a aplicação das quatro questões antes mencionadas foi estipulado uma duração de 15 minutos.

O tempo estipulado para responder o questionário se mostrou suficiente. Notamos preocupação dos alunos em relação a se as respostas valeriam pontos para a nota bimestral. Disseram que não tinham como responder de forma correta, já que ainda não tinham visto o conteúdo da disciplina.

Concluimos a aula analisando as respostas das perguntas do questionário junto com os alunos. Eles relataram como tinham respondido cada questão.

A primeira pergunta abordou a importância dos processos de transferência de calor, explorando convecção do ar nos cômodos ou pela circulação do ar para manter a casa em condições agradáveis e saudáveis para seus moradores. A turma em si teve grande dificuldade em observar os fenômenos físicos, ficando atrelados aos possíveis efeitos com a saúde dos moradores.

Na segunda pergunta que tratava da temperatura, umidade do ar e de forma sucinta o conceito de conforto térmico, observamos que a metade da turma soube identificar a importância que a temperatura e a umidade do ar têm na sensação térmica de ambientes fechados. Dez alunos tiveram uma grande dificuldade em observar a importância da umidade do ar e três não conseguiram compreender o que se pedia a questão.

Na terceira pergunta evidenciamos o maior grau de dificuldade dos alunos. Ela tratava do conforto térmico e das formas de propagação do calor. Onze alunos não souberam explicar como a casa se mantinha arejada durante o dia e aconchegante a noite.

Na quarta pergunta que pedia uma análise dos fenômenos físicos responsáveis pelo conforto térmico, dezessete alunos não souberam responder. A maioria considerava que o conforto térmico é fruto somente da variação da temperatura. Nove alunos conseguiram relacioná-lo também com o calor, mas nenhum deles considerou a umidade do ar como um fator responsável pelo conforto do ambiente.

Com isso conseguimos dimensionar detalhadamente o conhecimento prévio dos alunos antes de iniciarmos o desenvolvimento do conteúdo da sequência didática.

4.2 Segundo encontro. Temperatura

Demos início ao segundo encontro recolhendo a questão cinco referente a pesquisa sobre arquitetura das casas da cidade, que foi deixada para ser respondida em casa. Ela será utilizada para a determinação experimental do fluxo de calor em ambientes fechados, fator relevante para o conforto térmico.

Em seguida iniciamos o estudo do conceito da temperatura, partimos da contextualização histórica, procurando, no diálogo com os alunos, enfatizar a necessidade da determinação de uma grandeza que poderia ser utilizada nos estudos sobre o calor que estavam sendo desenvolvidos na época.

Ao finalizar o levantamento histórico, alguns alunos disseram que eles sempre pensaram que a temperatura era a própria energia. Essa afirmação evidenciou que o conhecimento deles sobre o tema estava repleto de incoerências. Explicamos então a diferença entre temperatura e energia.

Aproveitamos as perguntas dos alunos para trabalhar um experimento que ajudou à turma a perceber a necessidade de um equipamento para a medição da temperatura. Utilizamos a noção que as pessoas têm de um corpo estar quente ou frio.

No experimento três recipientes com água a diferentes temperaturas, um deles com água gelada, outro com água natural e o último com água um pouco acima da temperatura ambiente são apresentados aos os alunos, pedindo-lhes realizar o seguinte procedimento: primeiramente colocar uma mão no recipiente com água gelada e a outra no que tinha água com a temperatura um pouco acima do ambiente, logo em seguida, colocar ambas as mãos no recipiente com água a temperatura ambiente, como mostra a figura 4.1. Após a realização dessa experiência eles descreveram as sensações que sentiram.

Figura 4.1: Observando a sensação térmica



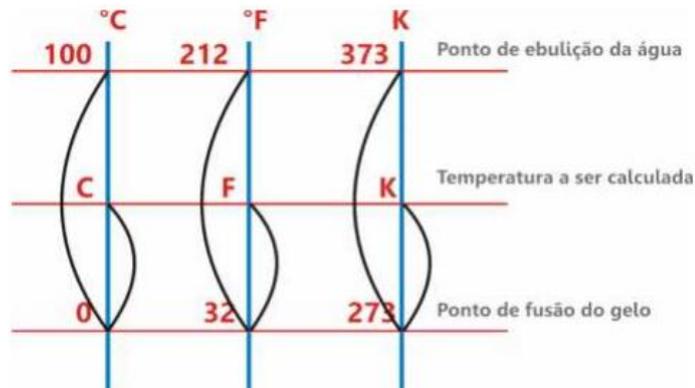
Fonte: próprio autor (2019).

Disseram que sentiram a diferença do grau de aquecimento da água nos recipientes com água gelada e morna e que não conseguiam determinar com certeza o grau de aquecimento da água quando colocaram as duas mãos no recipiente com água a temperatura ambiente, imediatamente depois de sacá-las dos outros dois recipientes anteriormente mencionados. Para a mão que estava na água gelada a sensação de calor era maior que para a que estava na água morna. Aproveitamos o momento para explicar que o tato não é um recurso adequado para medir a temperatura, por ser, como evidenciado na experiência, sua resposta para avaliar o grau de calor eminentemente subjetiva. Dissemos que tal subjetividade poderia ser superada utilizando um instrumento. Perguntamos se eles conheciam o instrumento utilizado para medir a temperatura. Responderam que era o termômetro.

Após a abordagem da funcionabilidade do termômetro, explicamos que para a leitura era preciso utilizar alguma das escalas termométricas. Apresentamos três delas. As de Celsius e Kelvin não suscitaram dificuldades de aprendizagem por parte dos alunos. A de Fahrenheit sim.

Estabelecida as escalas, foi mostrado a figura 4.1.

Figura 4.1: mudanças de escalas termométricas



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

Seguimos com a demonstração das equações 4.1 matemáticas e a relação entre cada escala.

$$\frac{K-273,15}{5} = \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \quad (4.1)$$

Neste momento da aula surgiu a maior quantidade de dúvidas dos alunos. De início foi complicado trabalhar as escalas por meio das equações matemáticas. Observamos que boa parte da turma apresentou dificuldades para estabelecer as relações matemáticas a partir dos conceitos físicos utilizados na elaboração das escalas. Avisamos aos alunos que não era necessário decorar as fórmulas, mas sim aprender como se estabelece a relação entre as escalas.

Finalizamos o encontro discutindo o uso de diferentes tipos de termômetros (ver fig. 4.3)

Figura 4.3: Tipos de termômetros



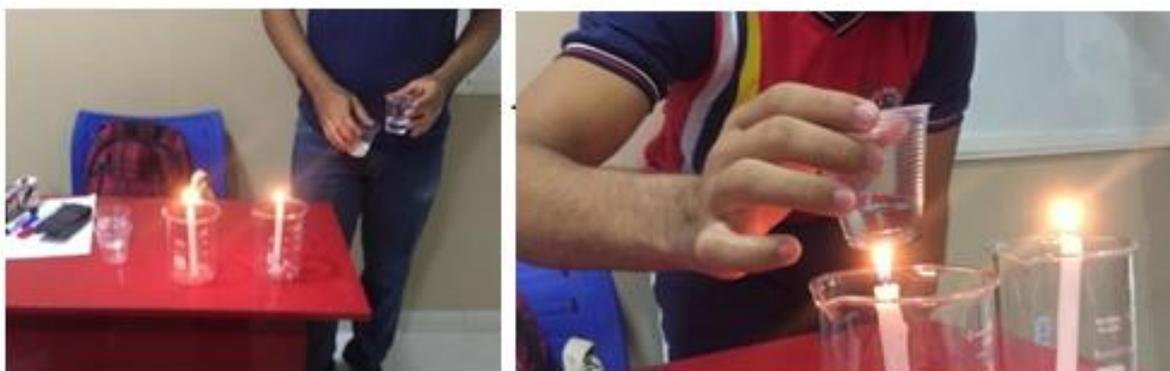
Fonte: próprio autor (2019).

4.3 Terceiro encontro. Calor

Iniciamos a aula com uma recapitulação sobre a temperatura e o equilíbrio térmico. Em seguida realizamos uma abordagem histórica sobre o conceito do calor. Discutimos as ideias a esse respeito propostas por Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) e por Benjamin Thompson (1753-1814). Essa abordagem dispersou um pouco a atenção da turma.

Na sequência realizamos o segundo experimento, que consiste em aquecer simultaneamente, com o auxílio de uma vela, o fundo de dois copos plásticos, um contendo areia e outro água, ambos em quantidades iguais. Antes de realizar o experimento, fizemos duas perguntas, com o objetivo de analisar se a turma tinha algum conhecimento prévio sobre o conceito de capacidade térmica. Na primeira, perguntamos quais dos copos plásticos teria o fundo derretido primeiro, e a resposta da maior parte da turma foi que ambos iriam derreter ao mesmo tempo. Em seguida perguntamos sobre o que motivaria que o tempo fosse o mesmo. Responderam que os copos tinham no seu interior a mesma quantidade de substância. Inferimos que os alunos não tinham conhecimento do conceito de capacidade térmica. Em seguida realizamos o experimento e observamos a reação da turma (fig.4.5)

Figura 4.5: experimento 2. Capacidades térmica



Fonte: próprio autor (2019).

Houve uma inquietação na turma ao se deparar com que o fundo do copo que continha areia derreteu primeiro. Foi um momento que suscitou muitos questionamentos, como, por exemplo, o relacionado com a influência do peso, a gravidade e os estados de agregação da água e da área no resultado do experimento. Falaram também sobre algum tipo de mágica ou algo parecido.

Na sequência pedimos para que um dos alunos reproduzisse o experimento. Ao realizá-lo, ele obteve o mesmo resultado, o fundo do copo com areia se derreteu primeiro que o que continha água.

A discussão desse experimento foi proveitosa. Os alunos chegaram à conclusão de que a água e a areia tinham propriedades que eles desconheciam. Aproveitamos esse momento para introduzir o conceito de capacidade térmica e calor específico. Explicamos que ambos os sistemas absorvem a energia proveniente da chama da vela, sendo que para aquecer a água e a areia até uma mesma temperatura é necessário fornecer mais energia a água que a areia. Por isso o copo que continha água precisou de mais tempo para se derreter.

Na sequência, nosso objetivo de aprendizagem era que os alunos conseguissem compreender a diferenciação conceitual entre temperatura e calor. Observamos que no senso comum da turma, os dois conceitos eram vistos como uma única variável. Decidimos realizar uma contextualização, lembrando o experimento com os três copos contendo água a temperaturas diferentes e o vídeo, conforto térmico – parte 1, utilizado no primeiro encontro. Discutimos a respeito de que antes de acontecer uma variação da temperatura de um corpo era necessária a interação deste com outro sistema. Para facilitar a compreensão fizemos referência aos raios solares, ao vento e a chama da vela, sempre tentando provocar a curiosidade dos alunos. Nessa discussão eles começaram a notar que ali existia uma “coisa”, como eles chamaram, e que não era a temperatura, mas era responsável pela variação desta. E que, dependendo da composição do corpo era necessária uma maior ou menor quantidade dessa “coisa” para provocar uma determinada variação da temperatura.

Até este momento a turma ainda não tinha identificado que essa “coisa” estava relacionada com a energia. No entanto era perceptível que ela já tinha o conhecimento necessário para distingui-la da temperatura. Partindo desse pressuposto introduzimos o conceito de calor como uma forma de variação da energia interna dos corpos, contextualizando o conceito com o experimento dos copos com água e areia.

Continuamos 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). Em seguida discutimos o experimento. E finalizamos, respondendo junto com os alunos quatro questões do livro didático.

4.4 Quarto encontro. Formas de propagação do calor. Umidade do ar

Neste encontro iniciamos com uma breve recapitulação sobre o calor para em seguida abordar suas diferentes formas de propagação, relacionando-as com o conforto térmico.

Reproduzimos um trecho do vídeo conforto térmico – parte 1 <https://www.youtube.com/watch?v=OjlgD1fxuEI&t=> acessado 26 de março de 2019. Nele o professor explica como paredes de materiais e espessuras diferentes se comportam em relação à propagação do calor através delas. Começamos pela condução a abordar as formas de propagação do calor. Falamos da condução nos sólidos, líquidos e gases. Mostramos a tabela 1, chamando a atenção para a relação da condutividade térmica com a densidade e o calor específico. Contextualizamos a tabela 1 com base em materiais presentes no nosso cotidiano o que propiciou a participação dos alunos. Contemplamos, entre outros, utensílios domésticos e materiais utilizados na construção civil, relacionando-os com conforto térmico.

Tabela 2.1: condutividade térmica de materiais de construção

matérias	Densidade, Kg/m ³	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

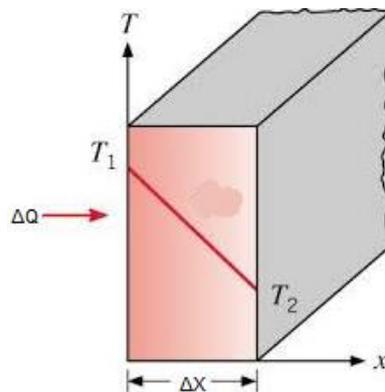
Fonte: (VIEIRA, 2014), Análise do conforto térmico do Instituto de Biologia – com adaptações.

Seguidamente mostramos outro trecho do vídeo anteriormente mencionado, no qual se visualizam paredes utilizadas para diminuir a propagação do calor por condução. Pedimos para que os alunos comentassem ao respeito. Disseram que o

calor demorava um certo tempo para passar pela parede e que esse tempo proporcionava um controle da temperatura interna da casa.

Em seguida começamos a abordagem matemática, ponto que sempre evidencia a maior fragilidade da turma. Apresentamos a equação 2.4 da quantidade de calor que passa através de uma parede cujas superfícies externas e internas se encontram a temperaturas diferentes (figura 1).

Figura 2.1: fluxo de calor através de uma parede



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

Explicamos que a quantidade de calor ΔQ transportada num intervalo de tempo Δt , através de um elemento de superfície ΔS dessa parede de espessura ΔX , cujas partes externas e internas têm temperaturas T_1 e T_2 respectivamente é igual a:

$$\Delta Q = \frac{k \Delta S \Delta t (T_1 - T_2)}{\Delta X} \quad (2.4)$$

Onde k é a condutividade térmica do material da parede.

Trabalhamos a equação (2.4) com algumas questões do livro didático, calculando a quantidade de calor para paredes de materiais diferentes e contemplando os presentes na tabela 1. Explicamos que a condução do calor consiste na transmissão de energia cinética do movimento caótico e desordenado das partículas do meio a suas vizinhas. E que isso acontece quando as partes do meio estão a temperaturas diferentes.

Com o auxílio da tabela 2.1 explicamos que, dependendo da condutividade térmica os materiais podem ser isolantes ou condutores térmicos. Mostramos que matérias com baixo valor do calor específico e da densidade são bons condutores e os com alto valor são considerados isolantes térmicos. Relacionamos essas características dos materiais com a construção de ambientes termicamente

agradáveis, destacando que o controle da temperatura é um dos principais requisitos para obter conforto térmico.

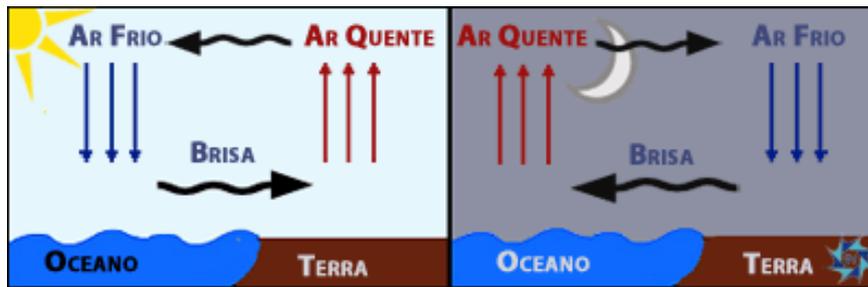
Na sequência iniciamos o estudo da convecção térmica. Reproduzimos o trecho 1:28 a 2:11 do mesmo vídeo. Nele se aborda a circulação do ar nos ambientes internos do casarão. Começamos discutindo a circulação do ar no interior da sala, explicando-a com base no fenômeno da convecção térmica. Dissemos, que devido ao ar quente ser menos denso que o ar frio, se estabelece uma circulação do ar, na qual o ar quente sobe para o teto e frio desce para baixo, e que isso propicia o conforto térmico.

Relatamos 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. Alguns alunos não recordavam o conceito de fluidos. Na ocasião, relembramos conceitos de hidrodinâmica, estudados em séries anteriores do ensino médio, o que facilitou a compreensão dessa forma de propagação do calor.

Realizamos um experimento de propagação do calor em um recipiente com líquidos diferentes, leite e água. Ele possibilitou observar o fenômeno de convecção térmica. Discutimos o experimento relacionando-o com as chaleiras, mencionadas pela turma na discussão. Explicamos que o processo de propagação do calor é o mesmo em ambos os casos, a convecção térmica.

Continuamos explicando que a convecção térmica possibilita a circulação do ar tanto no interior quanto no exterior dos imóveis. Utilizamos o trecho 2:55 a 3:40 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. Relatamos que estas acontecem devido à diferença dos calores específicos da água e da terra. Pela manhã a superfície da terra, cuja calor específico é menor que o da água se aquece mais rápido que o mar. Conseqüentemente a temperatura do ar sobre a superfície da terra é maior que a do ar sobre o mar. Em decorrência disto a densidade do ar sobre a terra resulta ser menor que a do ar sobre o mar, provocando um movimento do ar sobre o mar em direção à terra. Ao escurecer esse movimento do ar acontece em sentido contrário, da terra, que se esfriou mais rápido que o mar, para o mar. Na ocasião mostramos a Fig. 2.3.

Figura 2.3: brisas, marítima, à esquerda, e terrestre, à direita



Fonte: (IPMA, 2018) com adaptações.

Por fim explicamos que a convecção térmica fundamenta, visando o conforto térmico, a instalação dos aquecedores na parte inferior dos cômodos e dos ar condicionados na parte superior.

Com a turma familiarizada com os fenômenos de condução e convecção térmicas, iniciamos o estudo do último processo de propagação do calor, a radiação. Procuramos despertar a curiosidade dos alunos. Discutimos como acontece a emissão de energia térmica pelos corpos. Discutimos a emissão de energia por meio das ondas eletromagnéticas. Explicamos que radiação térmica acontece a partir da energia interna dos corpos e que os outros tipos de radiação, que se produzem, utilizando outras fontes de energia recebem o nome de luminescência. Destacamos que a radiação térmica acontece em equilíbrio termodinâmico a qualquer temperatura.

Na sequência mostramos trechos do vídeo, conforto térmico – parte 1 <https://www.youtube.com/watch?v=OjlgD1fxuEI&t=> acessado 26 de março de 2019. Pedimos à turma explicar e anotar no caderno em qual trecho do vídeo se abordava a radiação térmica e/ou a convecção. A tabela 3.1 mostra a quantidade de alunos que responderam indicando a radiação, a convecção e ambos os processos de propagação do calor.

Tabela 4.1: Respostas dos alunos

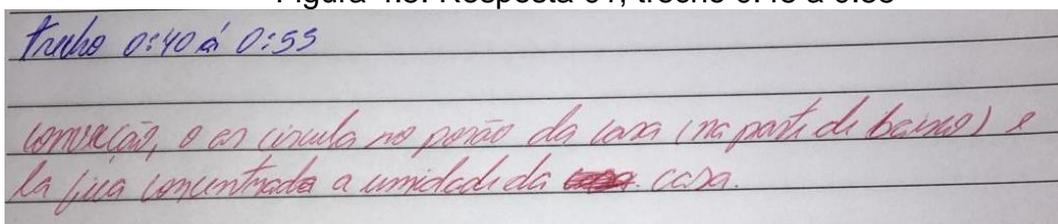
Trecho	Convecção	Radiação	Ambos
0:45 a 0:55	23	2	0
1:30 a 1:40	10	4	11
1:55 a 2:10	19	1	5
2:55 a 3:40	0	10	15

Fonte: autoria própria (2019).

Abaixo, explicitamos o conteúdo dos trechos e mostramos exemplos de respostas dos alunos.

No primeiro trecho, entre 0:40 a 0:55 segundos a apresentadora relata como a convecção térmica ajuda a controlar a temperatura da casa. Um aluno respondeu: “convecção, o ar circula no porão da casa (na parte de baixo) e lá fica concentrada a umidade da casa” como se mostra na figura 4.5.

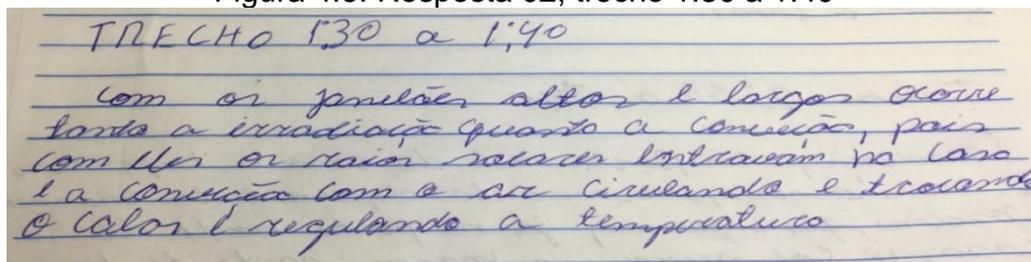
Figura 4.5: Resposta 01, trecho 0:45 a 0:55



Fonte: autoria própria (2019).

No segundo trecho, que aborda juntamente a convecção e a radiação térmicas, a resposta de outro aluno foi : “Com os janelões altos e largos ocorre tanto a irradiação quanto a convecção, pois com eles os raios solares entram na casa e a convecção com o ar circulando e trocando o calor e regulando a temperatura”, como se mostra na figura 4.6.

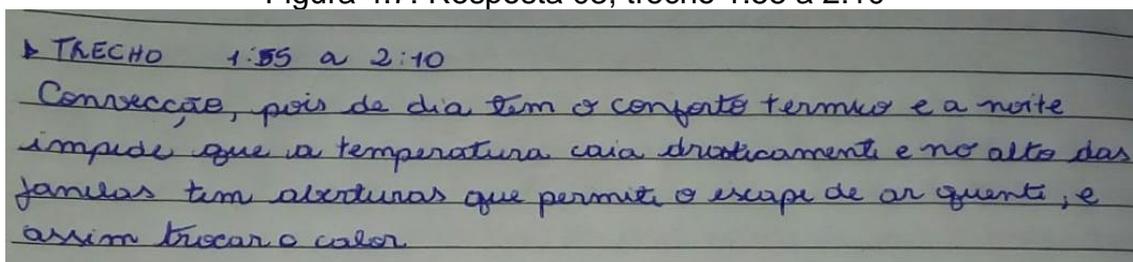
Figura 4.6: Resposta 02, trecho 1:30 a 1:40



Fonte: autoria própria (2019).

No terceiro trecho, que relacionava a convecção com o conforto térmico, obtivemos a seguinte resposta: “convecção, pois de dia tem o conforto térmico e a noite impede que a temperatura caia drasticamente e no alta das janelas tem aberturas que permite o escape do ar quente, e assim trocar o calor”, como se mostra na figura 4.7.

Figura 4.7: Resposta 03, trecho 1:55 a 2:10

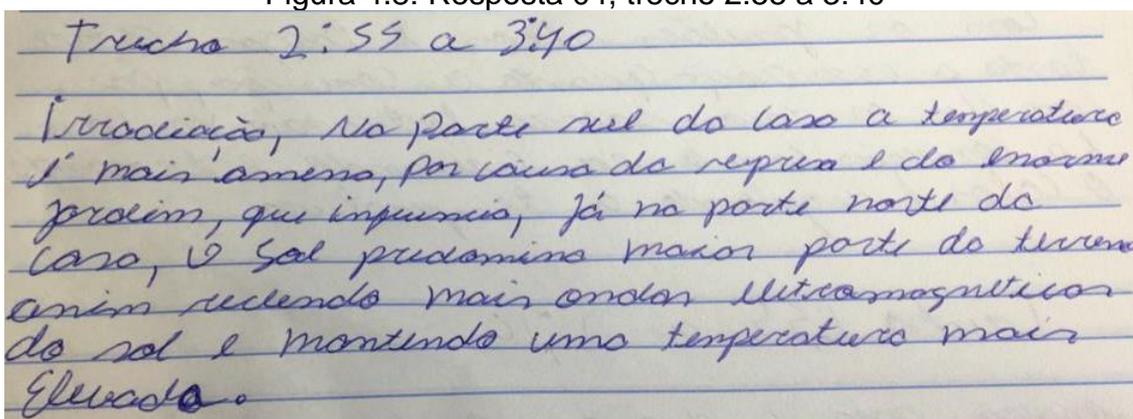


▶ TRECHO 1:55 a 2:10
Convecção, pois de dia tem o conforto térmico e a noite impede que a temperatura caia drasticamente e no alto das janelas tem aberturas que permite o escape de ar quente, e assim buscar o calor.

Fonte: autoria própria (2019).

No último trecho a apresentadora retratava os impactos da radiação solar em um lado da casa e da convecção térmica devido a brisa de um lago no outro lado. Obtivemos a seguinte resposta: “irradiação na parte sul da casa a temperatura é mais amena por causa da represa e do enorme jardim, que influencia, já na parte norte da casa, o sol predomina a maior parte do tempo, assim recebendo mais ondas eletromagnéticas do sol e mantendo uma temperatura maior”, como se mostra na figura 4.8.

Figura 4.8: Resposta 04, trecho 2:55 a 3:40

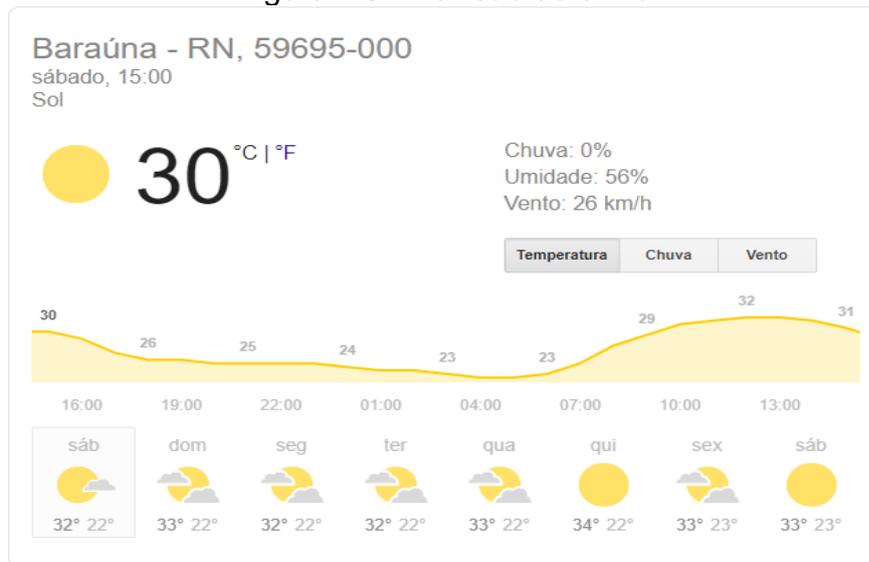


Trecho 2:55 a 3:40
Irradiação, Na parte sul da casa a temperatura é mais amena, por causa da represa e do enorme jardim, que influencia, já na parte norte da casa, o sol predomina maior parte do tempo assim recebendo mais ondas eletromagnéticas do sol e mantendo uma temperatura mais elevada.

Fonte: autoria própria (2019).

Na sequência começamos a discutir os conceitos relacionados com a umidade do ar, fator importante no conforto térmico. Mostramos imagens, como a da figura 4.9, e relatos que recebemos diariamente sobre o clima por meio de programas de televisão e/ou de aplicativos de celular.

Figura 4.9: Previsão do clima



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

Os alunos expressaram curiosidade por entender como a umidade do ar influencia na sensação de “quente ou frio”. Explicamos que a umidade do ar estava relacionada com quantidade de água presente na atmosfera. Dissemos que quando essa quantidade é grande o ar fica saturado, dificultando a liberação do suor para o meio ambiente, o que ocasionava sensação de desconforto, e que quando essa quantidade não é muito grande proporciona uma sensação de bem estar devido ao organismo transpirar e liberar calor. Destacamos que valores muito baixos da umidade afetam a respiração, podendo provocar riscos à saúde.

Na figura 4.2 apresenta-se também a velocidade do vento. Comentamos que, dependendo de o ambiente ser aberto ou fechado, a velocidade do vento poderia afetar, nos ambientes abertos, e não afetar, nos ambientes fechados, a sensação térmica.

Para apresentar o conceito de umidade absoluta, U_{abs} , utilizamos a equação 2.18.

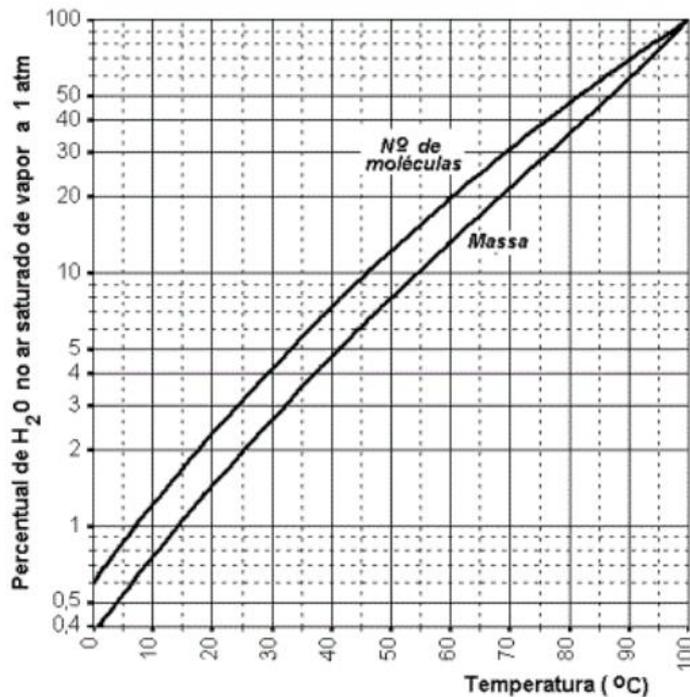
$$U_{abs} = m/v \quad (2.18)$$

Onde m é a massa de vapor de água presente na atmosfera e v o volume de ar.

Explicamos que a uma determinada temperatura, o vapor d’água condensaria, ou seja, passaria para o estado líquido. Dissemos que essa temperatura corresponde ao que é chamado de ponto de orvalho. Na ocasião falamos do 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. Apresentamos o gráfico 4.1 que mostra o percentual de água no ar saturado de vapor, a uma atmosfera, em função da temperatura. A turma não mostrou dificuldades para analisar a relação funcional dessas duas variáveis.

Gráfico 4.1: percentual de água no ar saturado de vapor



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

Definimos a umidade relativa, U_r , como sendo 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}):

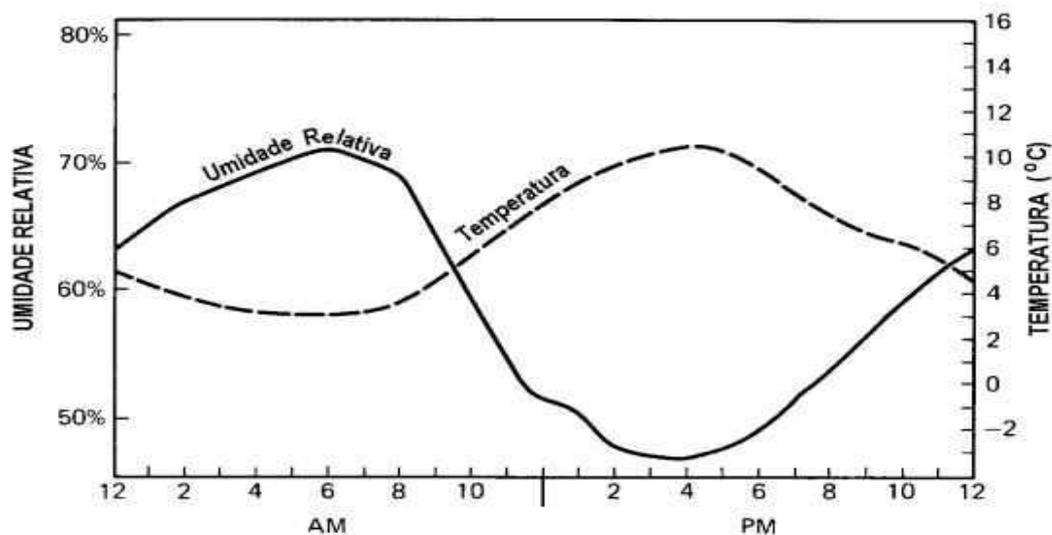
$$U_r = \frac{P}{P_{max}} \quad (2.19)$$

Neste ponto os alunos apresentam um pouco de dificuldade para compreender o significado dos termos presentes na equação (2.19). Explicamos que se trata da relação entre valores da pressão do vapor de água saturado para duas temperaturas diferentes, a correspondente ao ponto de orvalho e a do ambiente. Na ocasião, discutimos a questão 24 do caderno azul do primeiro dia do Enem de 2009 que 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 XX 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 4.2: umidade relativa x temperatura



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

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

- 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.
- 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.

Uma boa parte da turma respondeu a alternativa a) como a correta. Discutimos o que levou eles a essa alternativa. Relataram que era possível observar que com o aumento da temperatura o percentual de água no ar saturado aumentaria e sucessivamente a umidade relativa do ar diminuiria.

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

Utilizamos este encontro para a realização de experimentos, objetivando relacionar o conforto térmico com o conteúdo de termologia anteriormente abordado. Dividimos o encontro em três momentos. No primeiro realizamos o experimento para obter o ponto de orvalho. No segundo, com a utilização do Arduino®, calculamos o fluxo de calor através de uma parede. No terceiro, trabalhamos os dados registrados nos experimentos e entregamos kit's aos alunos para que eles replicassem o procedimento experimental com o Arduino® em suas residências.

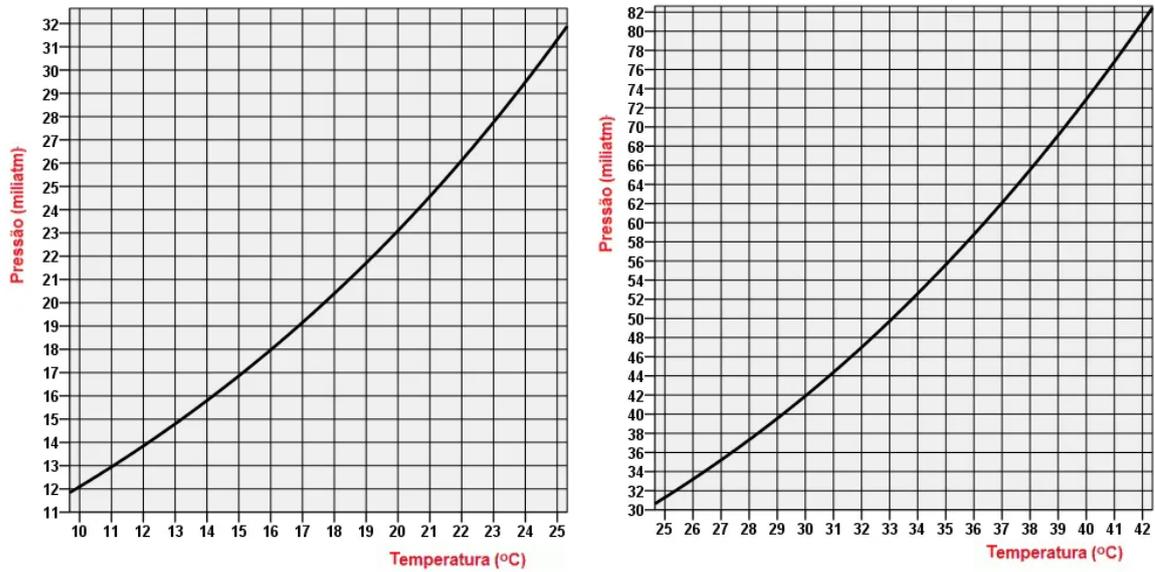
O Arduino, como mencionando, é uma plataforma eletrônica, na qual por meio do software é possível desenvolver os comandos via IDE que serão transmitidos para o hardware que executara os comandos em ordem pré-estabelecida. Ele tem sido utilizado em diversos trabalhos disponíveis em revistas acadêmicas que explicam a sua arquitetura, tais como, Física com Arduino para iniciantes, Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre, ambos publicados na RBEF, e Acelerômetro eletrônico e a placa Arduino para ensino de Física em tempo real, publicado no CBEF.

Para o primeiro experimento, encontrando o ponto de orvalho, optamos por replicar o experimento 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.

Iniciamos o experimento realizando as medições da temperatura ambiente e do líquido no recipiente. Pedimos que anotassem essa temperatura. Avisamos que íamos adicionar gelo picado dentro do recipiente que contém água e o termômetro. Pedimos para que eles observassem com atenção as gotículas de água que se formariam, como resultado da condensação, na parte externa do recipiente, e anotassem a temperatura indicada no termômetro, o ponto de orvalho.

A turma estava bastante empolgada. Eles relataram o momento em que as gotículas de água se formaram na parte externa do recipiente.

Gráfico 2.2: pressão de vapor saturado vs temperatura



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

Com os valores da temperatura, indicados no termômetro antes e depois de colocar o gelo no recipiente, os alunos utilizaram o gráfico 2.1 para determinar os valores da pressão do vapor saturado P_{\max} a temperatura ambiente de 23°C e a temperatura de $13,7^{\circ}\text{C}$ para o ponto de orvalho P . Assim, com base na equação 2.19, determinamos experimentalmente umidade relativa do ar na sala de aula sendo de 55%.

Continuamos a aula, discutindo como a umidade relativa do ar poderia interferir na sensação térmica no interior da sala de aula. Apresentamos um aplicativo para encontrar o valor do Índice de Conforto Térmico – ICT fig. 4.10, o mesmo está disponível na loja de aplicativos da google store e pode ser encontrado em <https://play.google.com/store/apps/details?id=indicedecalor.marciorr.com.indicedecalor>. Por meio dele é possível obter parâmetros de conforto térmico. Para tanto, basta inserir os valores da temperatura da sala e da umidade do ar.

Figura 4.10: aplicativo índice de calor

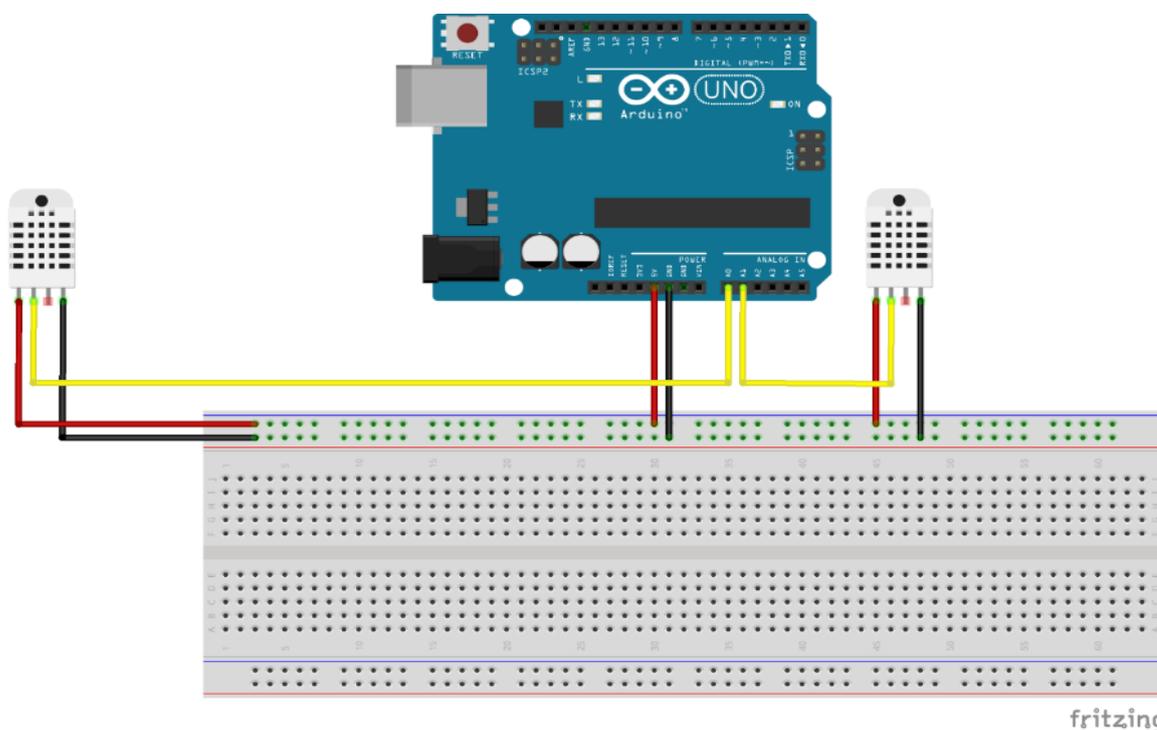


Fonte: app índice de calor com adaptações (2019).

Após encontrado o ICT no interior da sala de aula, explicamos a turma como esse valor afetava diretamente a sensação térmica do ambiente. Contextualizamos o resultado da consulta ao ICT relacionando-o com a transpiração, o que se mostrou uma abordagem satisfatória, já que os alunos conseguiram interpretar a relação da umidade relativa e a temperatura do ar com o funcionamento do nosso corpo.

Na sequência iniciamos o experimento para determinar o fluxo de calor, através de uma parede, utilizando o Arduino®. Explicamos o passo a passo da montagem apresentada na figura 4.11.

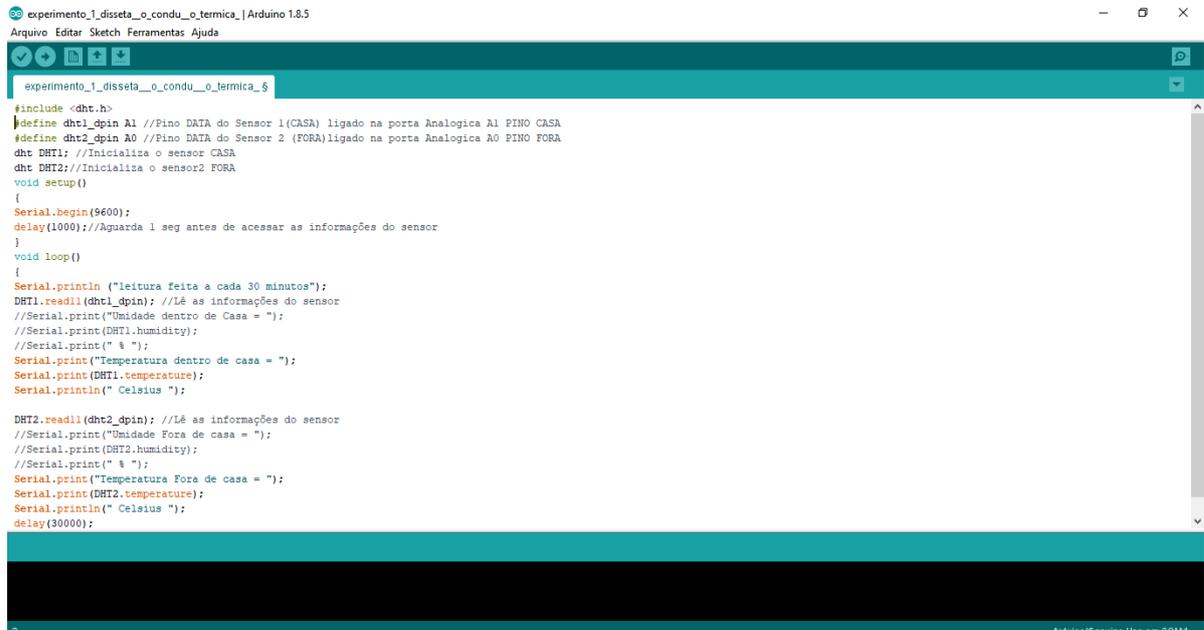
Figura 4.11: montagem do experimento com Arduino®



Fonte: fritzing com adaptações (2019).

Em seguida mostramos o software de computador com a linguagem de programação que utilizaremos na plataforma do Arduino® (fig. 4.12). E detalhamos todo o processo de comunicação do Arduino® com a IDE presente no computador.

Figura 4.12: Tela IDE do Arduino®



```
experiemento_1_disseta_o_condu_o_termica_ | Arduino 1.8.5
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

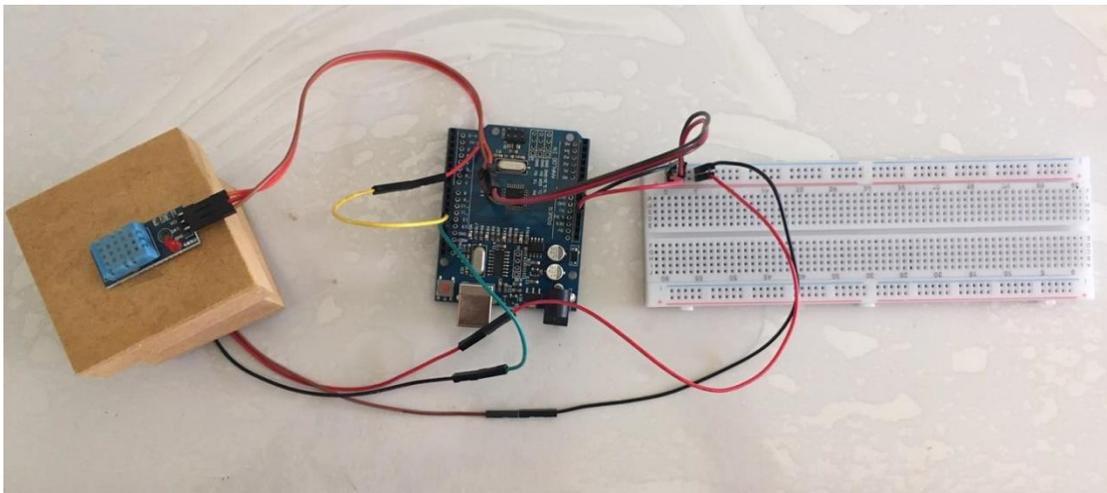
experiemento_1_disseta_o_condu_o_termica_ $

#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.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);
}
```

Fonte: autoria própria (2019)

Figura 4.13: Montagem experimental com o Arduino®

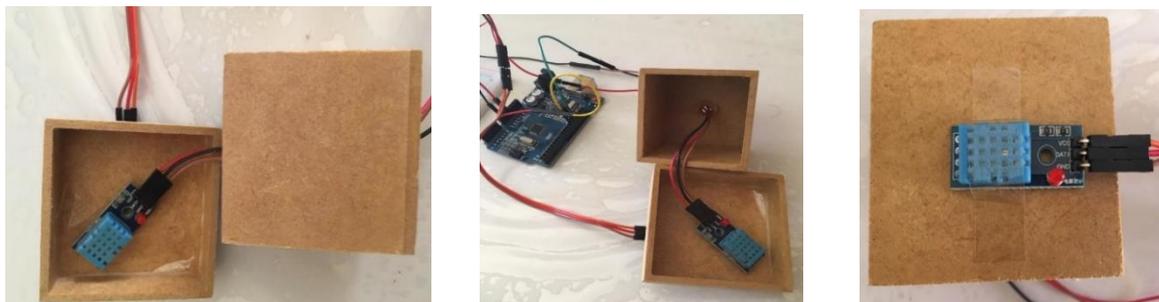


Fonte: autoria própria (2019).

Explicamos que esse experimento seria dividido em duas etapas. Na primeira, se determinaria o fluxo de calor e, na segunda, se calcularia o ICT da sala.

Iniciamos a primeira parte do experimento, fornecendo calor, com o auxílio de um secador de cabelo, à caixa de madeira, na qual colocamos dois sensores DhT11, um na parte interna e outro na parte externa (fig. 4.14).

Figura 4.14: Sensores DHT11 e caixa de madeira



Fonte: autoria própria (2019).

Pedimos que os alunos observassem e anotassem, na tabela 4.2, os valores da temperatura registrados pelos os sensores colocados nas superfícies interna e externa da parede.

Tabela 4.2: temperaturas na parede da caixa

Tempo	Temp. ext. (°C)	Temp. int. (°C)	Fluxo de calor
30			
60			
90			
120			
150			
180			
210			

Fonte: Autoria própria (2019).

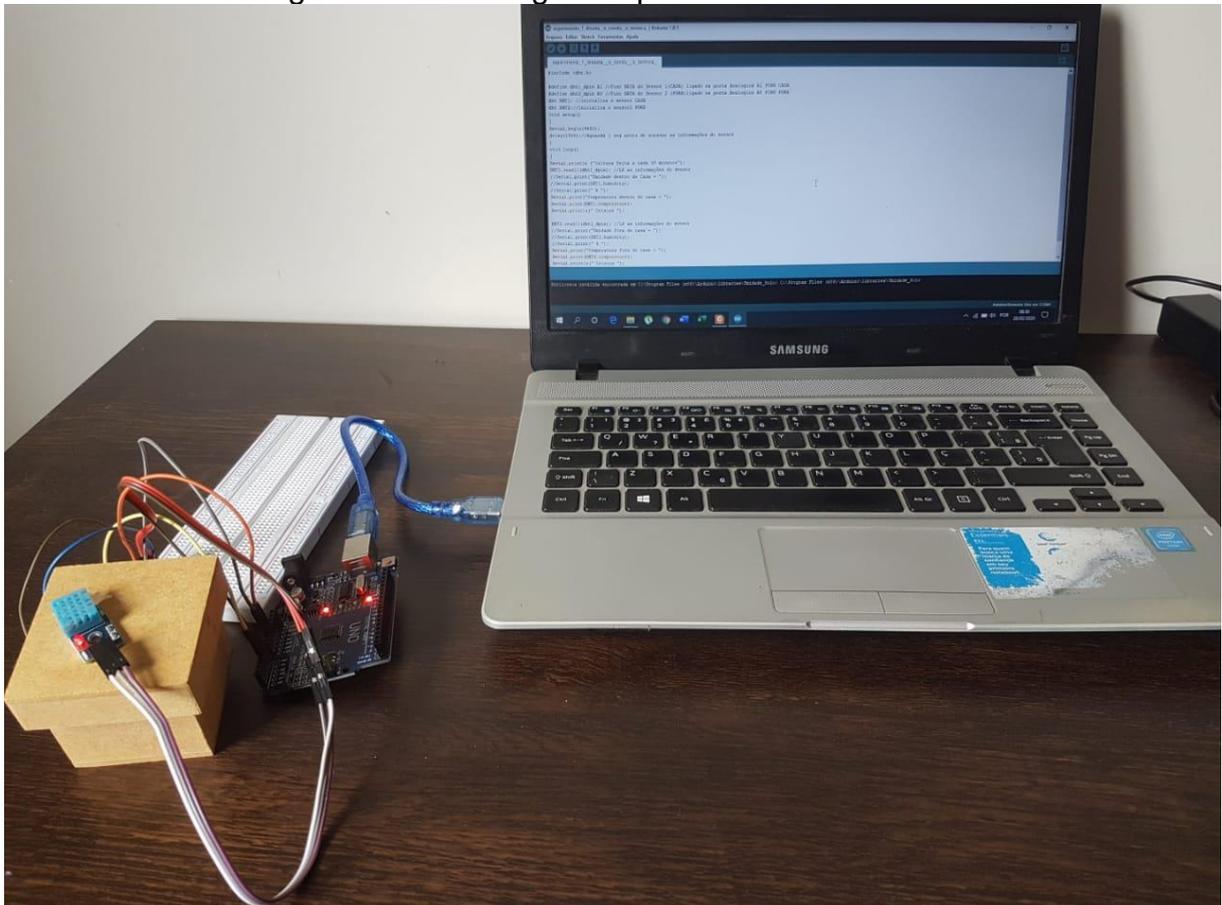
A turma mostrou surpresa ao observar a diferença de temperatura na tela do computador. Disseram que essa variação da temperatura era devido a condução térmica, através da parede.

Na segunda parte do experimento com o Arduino®, a turma observou a variação da umidade do ar em função da temperatura. Esta observação possibilitou calcular o ICT e avaliar o conforto térmico dentro e fora da caixa. Para tanto, utilizamos o mesmo esquema de montagem do experimento anterior alterando apenas o código fonte do Arduino® (anexo 3). Explicamos que essa mudança faria com que os sensores DHT11 registrassem junto com os valores da temperatura os da variação da umidade relativa do ar, possibilitando calcular o ICT com base nesses valores.

Antes de conduzir o experimento, entregamos à turma seis kit's, compostos por um Arduino®, dois sensores DHT11, uma protoboard, um cabo de alimentação e 12 jumper de conexão. Pedimos para montar e realizar o passo a passo do experimento

anterior. Neste momento a turma apresentou um pouco de receio. Eles acreditavam que não conseguiriam realizar a montagem experimental (fig. 4.15).

Figura 4.15: montagem experimental do Arduino®



Fonte: autoria própria (2019).

Eles conseguiram realizar o experimento (fig. 4.16).

Figura 4.16: montagem experimental do Arduino® realizada pelos alunos



Fonte: autoria própria (2019).

Solicitamos estimar o conforto térmico dentro e fora da caixa. Para tanto, eles anotaram as variações de temperatura e umidade do ar na tabela 4.3.

Tabela 4.3: sensação térmica

TEM	Temp. ext. (°C)	Umid. Ext. (g/m³)	Sensação térmica	Temp. int. (°C)	Umid. Int. (g/m³)	Sensação térmica
30						
60						
90						
120						
150						
180						
210						
240						
270						
300						

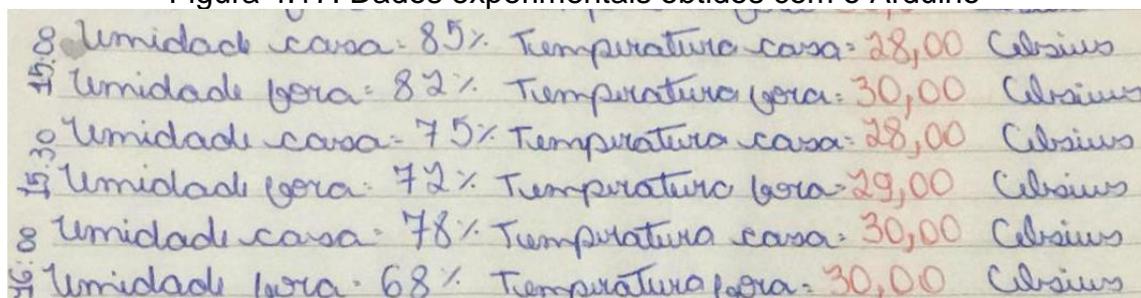
Fonte: autoria própria (2019).

Concluimos o encontro, solicitando o empenho dos alunos na reprodução, considerando as características construtivas de suas residências, dos experimentos realizados em sala de aula.

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

Este último encontro foi utilizado para a discussão dos resultados dos experimentos realizados pelos alunos (fig. 4.17) em suas residências e para a aplicação da avaliação de desempenho da turma. Na conversa desenvolvida em sala, os alunos relataram os resultados da sensação térmica experimentada por cada equipe.

Figura 4.17: Dados experimentais obtidos com o Arduino®

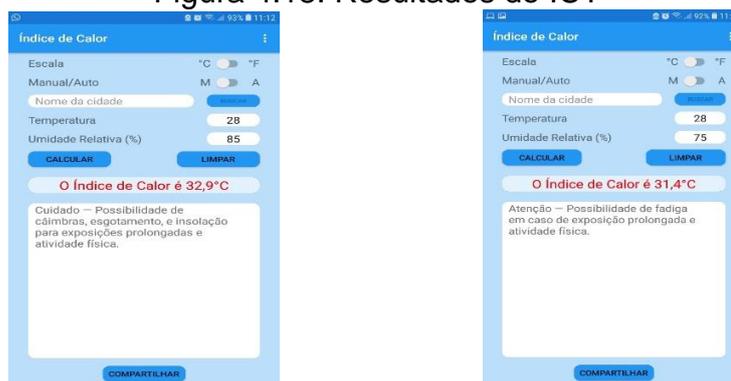


Fonte: autoria própria (2019).

Os alunos discutiram os dados apresentados na figura 4.17, obtida no dia 05/04/19 por um dos grupos, nela a variação da umidade estava diretamente ligada a mudança do clima observada no momento da análise, uma vez que, por volta das

15:00 estava nublado e com possibilidades de chuva, o que não aconteceu. A turma chegou à conclusão de que ao sol aparecer a umidade do ar diminuiu drasticamente, e que em pontos que a temperatura era semelhante ficou visível a variação da sensação térmica que influenciava diretamente no conforto térmico do ambiente. Ao final eles avaliaram que os valores do ICT estavam em sintonia com a sensação térmica que eles haviam experimentado (fig. 4.18).

Figura 4.18: Resultados do ICT



Fonte: índice calor, com adaptações (2019).

Concluimos a aula aplicando o apêndice 5 com questões contemplando os conteúdos abordados em toda a sequência didática. Para tanto, foram disponibilizados 60 minutos, se mostrando tempo suficiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta, que acabamos de relatar, de uma sequência didática sobre fundamentos da propagação do calor, privilegiando o conforto térmico como contexto das situações de ensino aprendizagem, mostrou-se viável na tentativa de superação das fragilidades do ensino tradicional suficientemente discutidas na área de ensino de física. No entanto, ela poderia ser enriquecida por meio da incorporação de elementos da cultura regional e da arquitetura da cidade, o que propiciaria uma abordagem multidisciplinar do assunto com possíveis contribuições de outras disciplinas como a literatura, a geografia e a história.

No decorrer do desenvolvimento da sequência utilizamos recursos didáticos, tais como: vídeos, o Arduino® e experimentos com materiais de baixo custo. Os vídeos facilitaram o levantamento do conhecimento prévio dos alunos sobre o tema da nossa proposta de trabalho, promovendo a participação na discussão dos conceitos de temperatura e calor.

Mesmo a escola não dispondo de laboratórios para a realização das atividades experimentais, foi possível promover uma boa participação da turma, composta por 32 alunos, nessas atividades, principalmente nos momentos de utilização do Arduino®. Este promoveu uma maior interação entre os alunos na coleta de dados e na discussão dos valores das grandezas físicas, objetos da medição. Uma possível alternativa ao Arduino® na medição da temperatura poderia ser termopares construídos com materiais de baixo custo. Para tanto, o princípio de funcionamento dos termopares deverá ser contemplado dentro dos conteúdos da proposta de intervenção em sala de aula.

Quando enriquecida com elementos da cultura regional a implementação da presente proposta deverá contemplar outros recursos didáticos, principalmente os utilizados as disciplinas acima mencionadas.

Para finalizar, é pertinente dizer que o tempo dedicado à implementação da nossa proposta de trabalho, considerando a atuação dos alunos dentro da sala e em suas residências, foi suficiente para alcançar os objetivos que nos propusemos.

Referências

ALVES, Vagner Camarini; STACHAK, Marilei. A importância de aulas experimentais no processo ensino aprendizagem em física: eletricidade. XVI Simpósio Nacional de ensino de Física-SNEF. Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente-SP, 2005, 1-4.

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

Convecção Térmica. Sala da Física, São Paulo, 19 de jul. de 2018. Disponível em <<http://www.geocities.ws/saladefisica8/termologia/conveccao.html>>. DAMASIO, Felipe and STEFFANI, Maria Helena. Ensinando física com consciência ecológica e com materiais descartáveis. Rev. Bras. Ensino Fís. [online]. 2007, vol.29, n.4, pp.593-597.

DE LIMA, Eduardo Couto. Conforto térmico como proposta de contextualização para o ensino de Termodinâmica. 2012. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

DWORAKOWSKI, Luis Antonio de Quadros; MARRANGHELLO, Guilherme Frederico; DORNELES, Pedro Fernando Teixeira. O aquecedor solar na sala de aula. *Experiências em Ensino de Ciências, Cuiabá*, 2010, 5.2: 147-162.

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.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. Física Quântica, Editora Campus. Rio de Janeiro, 1988.

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

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

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

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.

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.

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>>.

LAWRENCE, Mark G. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications. Bulletin of the American Meteorological Society, v. 86, n. 2, p. 225-234, 2005.

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.

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. 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.

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.

NASCIMENTO, Tiago Lessa. Repensando o ensino da Física no ensino médio. UECE. Centro de Ciências e Tecnologia. Fortaleza, 2010.

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>>.

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

SILVA, Osmar Henrique Moura da; LABURÚ, Carlos Eduardo; NARDI, Roberto. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 25, n. 3, p. 383-396, jan. 2009. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2008v25n3p383>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

StuchiA. M.; SantosF. J. da S.; SiqueiraM.; BaptistaA. de C.; CarvalhoT. Monitorando a Temperatura e a Umidade da Sala de Aula com Arduíno. Revista do Professor de Física, v. 3, n. 1, p. 121-132, 8 abr. 2019.

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

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.

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.

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

APRESENTAÇÃO	3
A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	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
REFERÊNCIAS	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.

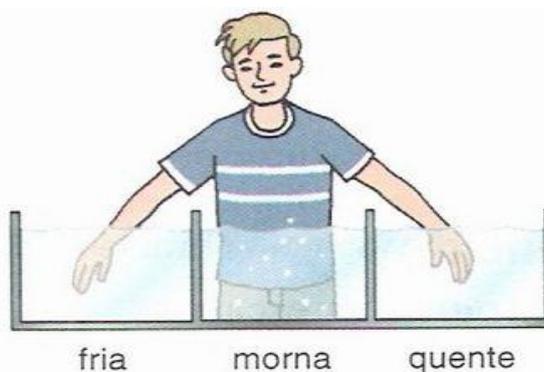
Ao finalizar a aplicação do pré-teste, os questionários serão recolhidos. Feito isso, se projeta na lousa o mesmo questionário e se reproduz novamente o vídeo. Em seguida, se inicia a discussão das questões com os alunos com o objetivo de alinhá-los à sequência que está para ser implementada. A aula 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° correspondendo ao de fusão da água e 212° ao de ebulição da água, existindo entre eles outros 180 valores de temperatura. Apresente também as escalas

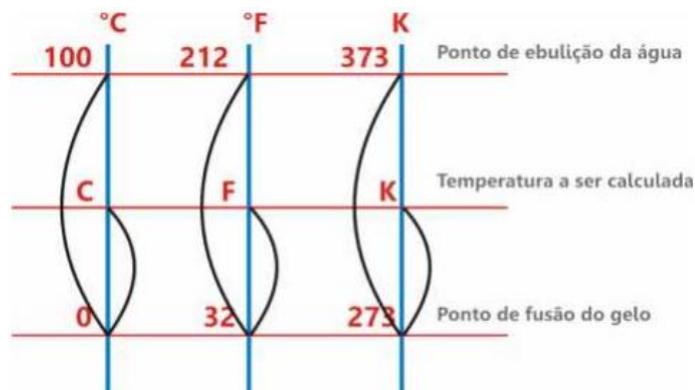
de Celsius e Kelvin. Explique como se realiza a conversão do valor da temperatura de uma escala para outra. Para tanto, discuta a equação (1), que relaciona os valores da temperatura nas escalas de Celsius, C, e Fahrenheit, F, como se ilustra na Figura 3,

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

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

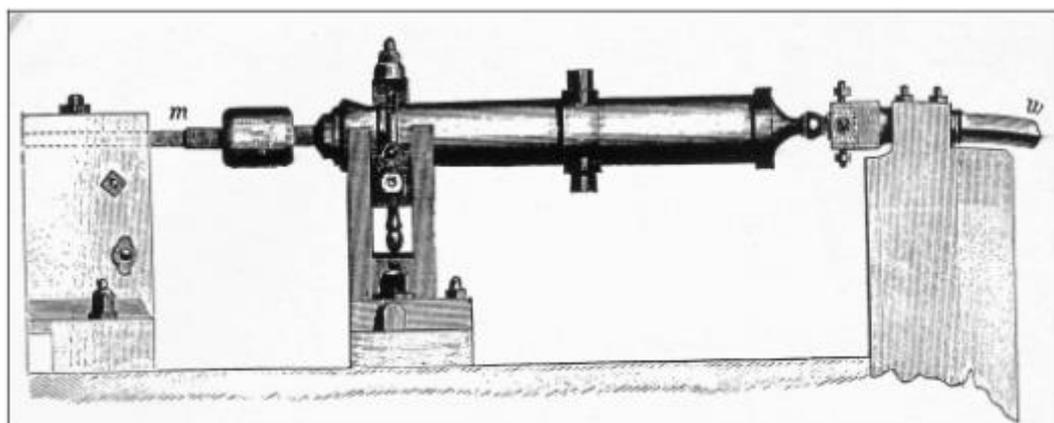
$$\frac{K-273,15}{5} = \frac{C}{5} = \frac{F-32}{9} \quad (2)$$

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

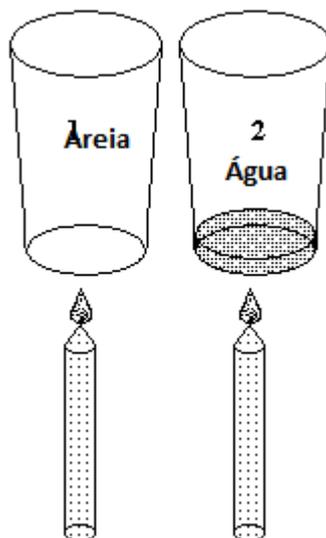


Fonte: Colin A. Ronan (1987) com adaptações.

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, (ΔQ), 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.

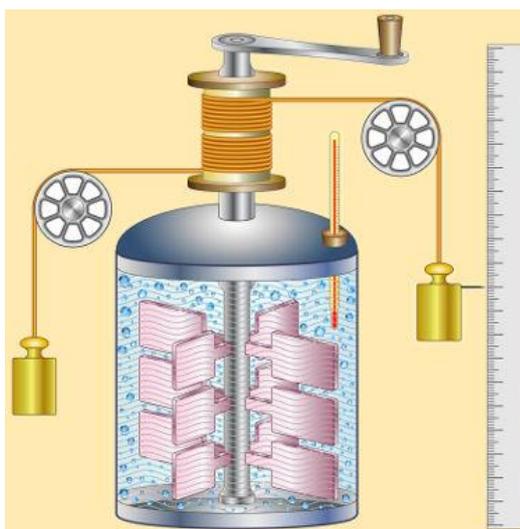
Tabela 1: calor específico

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).

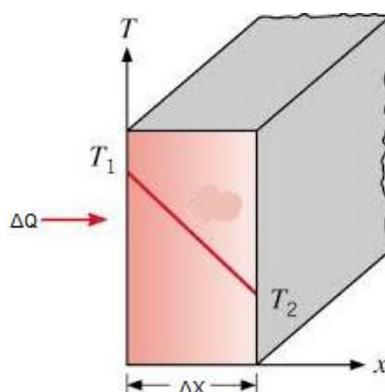
Quarto encontro: Formas de propagação do calor. Umidade do ar

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 ΔQ transportada num intervalo de tempo Δt , através de um elemento de superfície ΔS dessa parede de espessura ΔX , 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

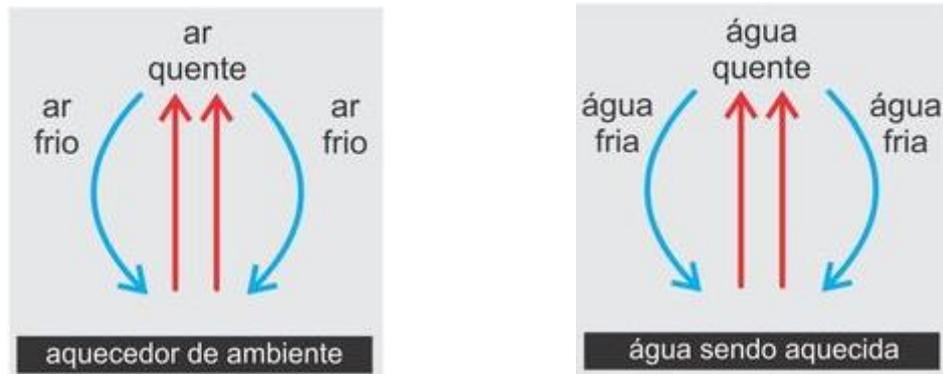
Matérias	Densidade, Kg/m ³	Condutibilidade térmica, W/m.K	Calor Específico, Wh/kg.K
Tijolo maciço	1800	0.70	0.28
Tijolo furado	1100	0.55	0.26
Vidro	2700	1.10	0.28
Aço	77800	52.00	0.11
Alumínio	2700	230.00	0.22
Madeira(pinho)	600	0.15	0.58
Gesso	1000	0.35	0.26
Água	1000	0.58	1.17
Cimento	2000	1.15	0.29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

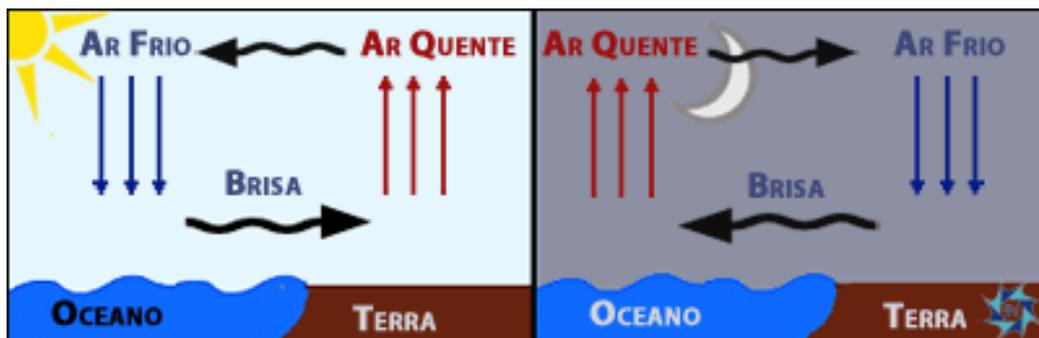
Figura 8: convecção térmica



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 março 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.

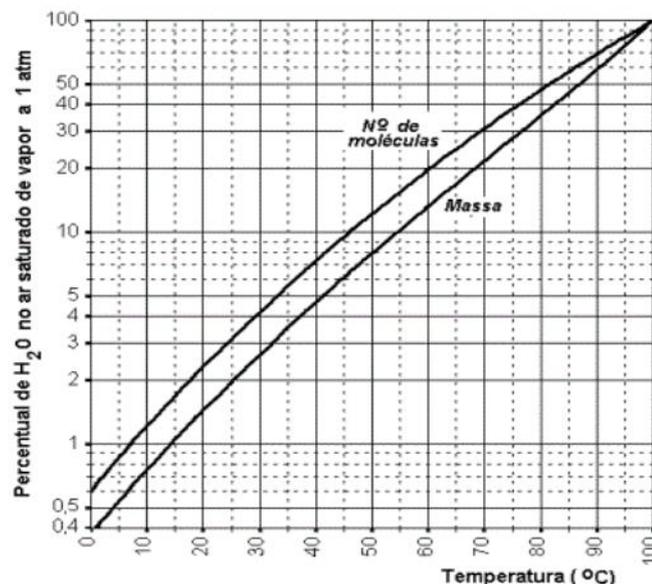
Feita essa discussão eminentemente qualitativa, introduza o conceito de umidade absoluta, U , como sendo a quantidade de vapor de água, m , por unidade de volume, v , presente no ar,

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

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.

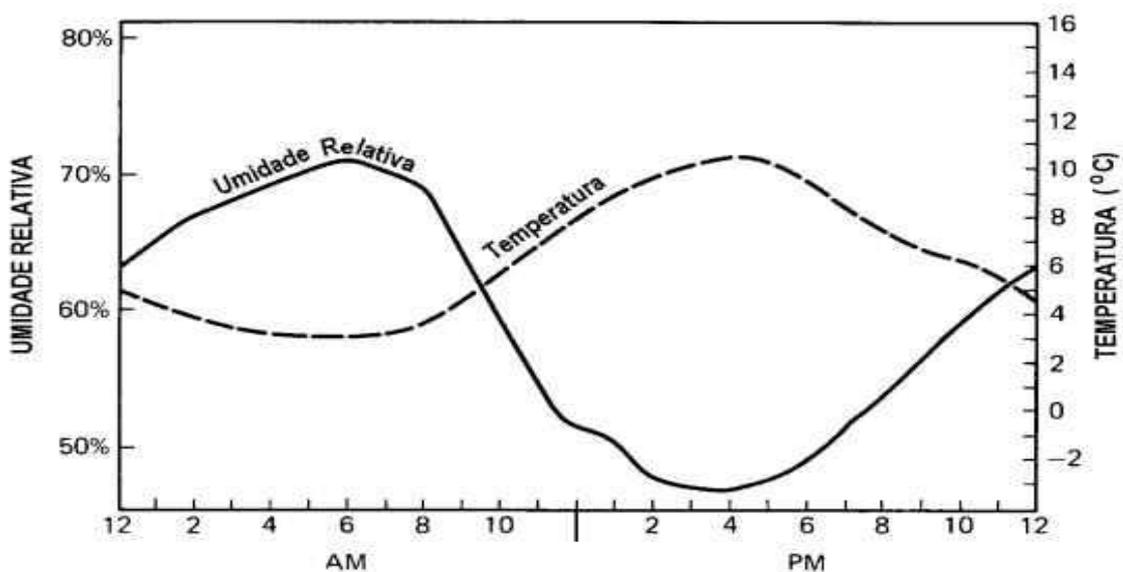
Justifique a introdução do conceito de umidade relativa, definindo-o como a relação entre a pressão de vapor saturado da água na temperatura do ponto de orvalho (P) e a pressão de vapor saturado da água na temperatura ambiente (P_{\max}):

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

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.

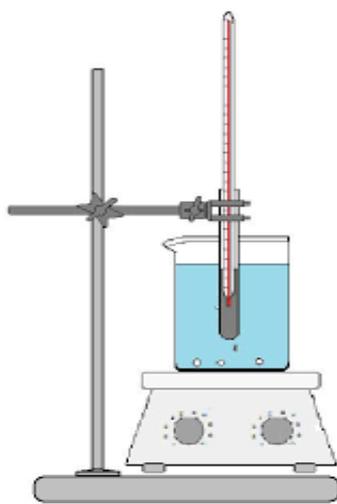
Os materiais a serem utilizados para realizar o experimento são:

- 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:



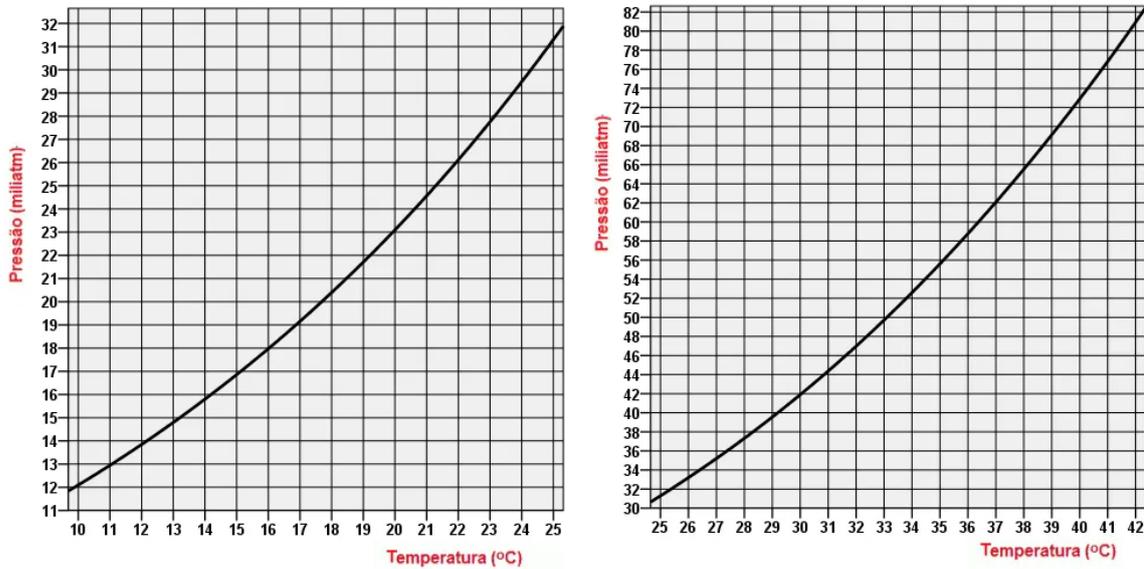
Fonte: (mundo educação 2012) com adaptações.

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.

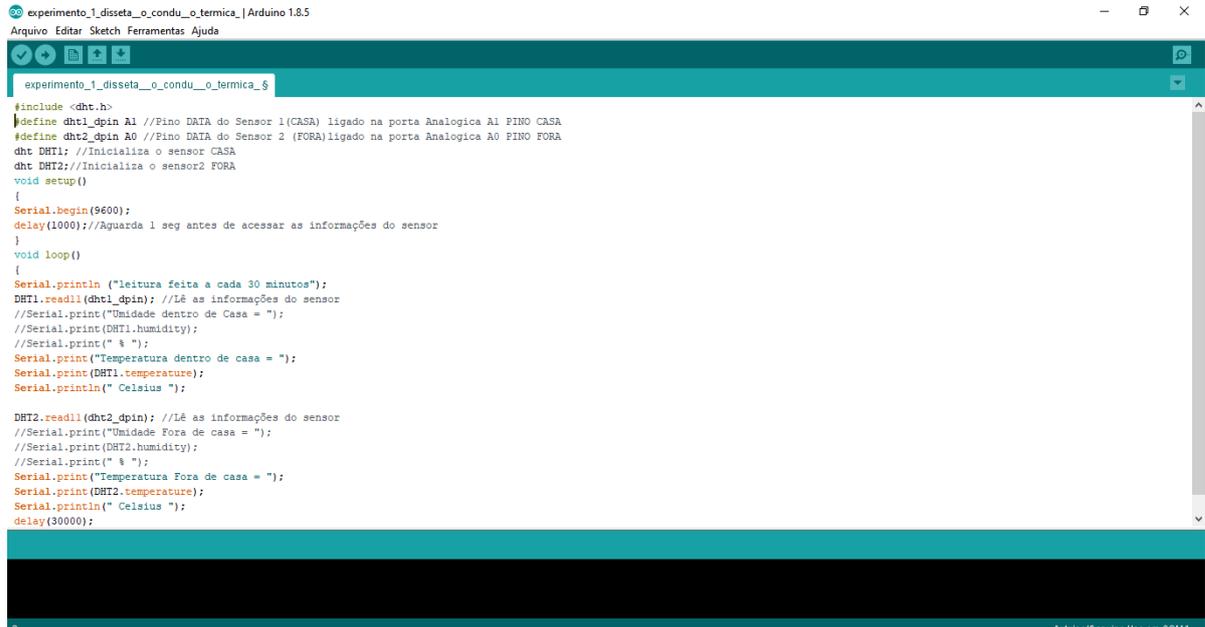
Na sequência se determinará o Índice de Conforto Térmico – ICT. Diga que existem diferentes maneiras de chegar ao ICT. Uma delas é, utilizando a equação do índice de calor, conhecida como regressão de Rothfusz, na qual se contemplam a temperatura a umidade relativa do ar. Opte pela utilização de um aplicativo 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=indexedecolor.marciorr.com.indexedecolor>. 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).

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_

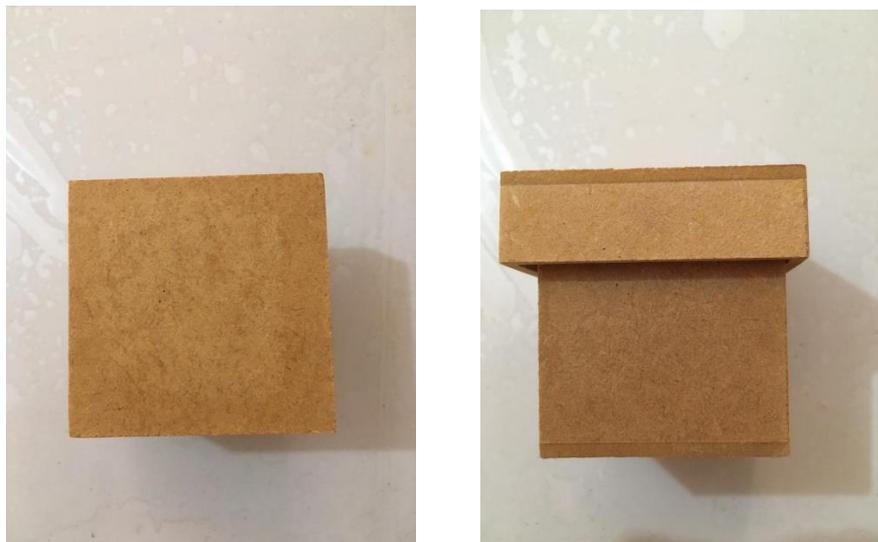
#include <dht.h>
#define dht1_dpin A1 //Pino DATA do Sensor 1(CASA) ligado na porta Analogica A1 PINO CASA
#define dht2_dpin A0 //Pino DATA do Sensor 2 (FORA)ligado na porta Analogica A0 PINO FORA
dht DHT1; //Inicializa o sensor CASA
dht DHT2; //Inicializa o sensor2 FORA
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  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("Temperatura 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("Temperatura 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 cm² de área e 0,2 cm de espessura (imagem 3).

Imagem 3: caixa de madeira



Fonte: autoria própria (2019)

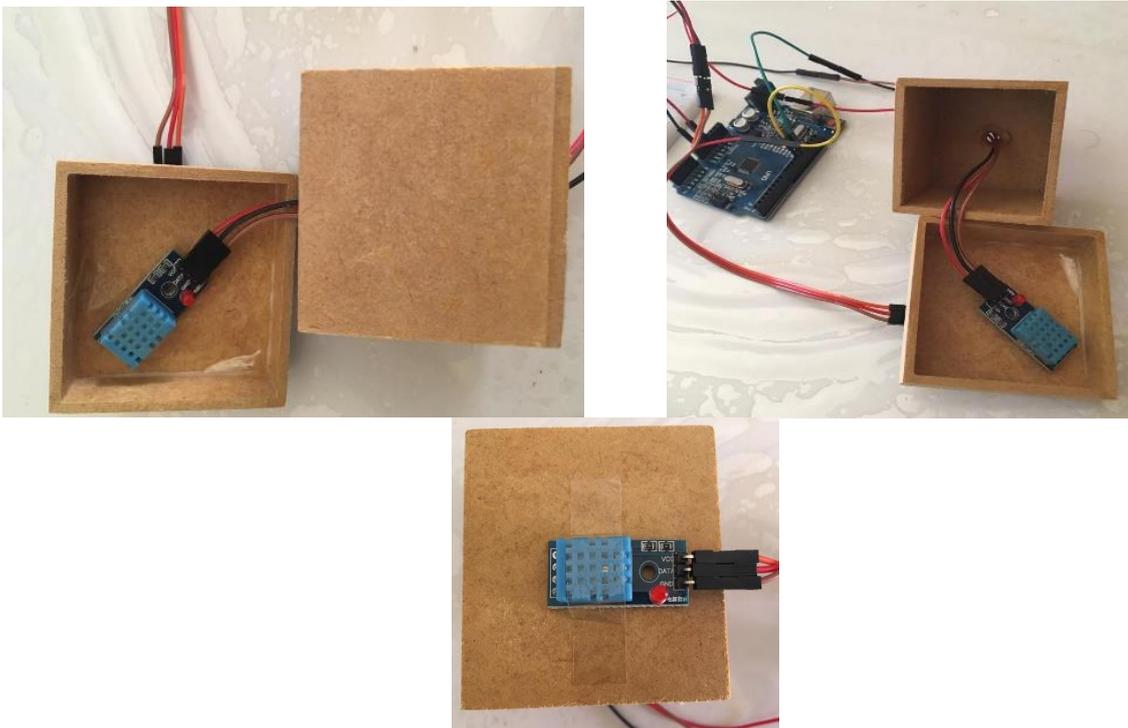
Realize um pequeno furo no fundo caixa para introduzir um dos sensores Dht11, responsáveis pelas medições da temperatura e umidade. Assim, a montagem experimental fica como mostrado nas imagens 4.

Imagem 4: caixa de madeira com furo.



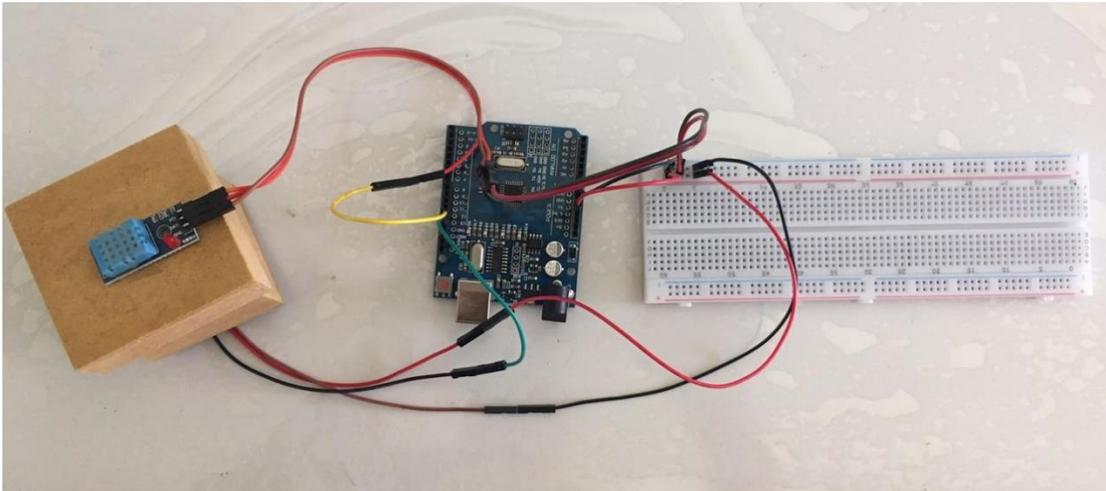
Fonte: autoria própria (2019)

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 ³)	Sensa ção térmica	Te mp. int. (°C)	U mid. Int. (g/m ³)	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=aladin.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=aladin.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.

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 `arduinofolder/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

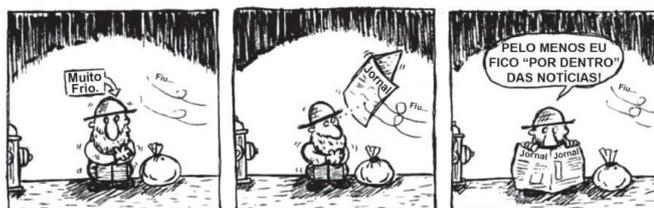
Aluno: _____ Nota: _____

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:

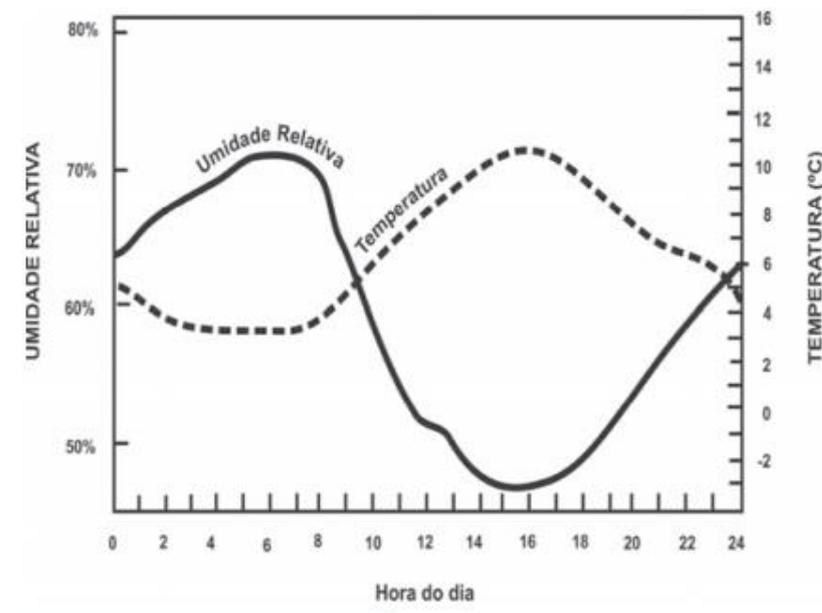
- a) Se a temperatura local for 65 °F, o tempo de revelação é 6 min.
- b) Se o local apresentar uma temperatura de 70 °C, o tempo de revelação será 6 min.
- c) Ajustando-se a temperatura ambiente para 23,9 °C, consegue-se revelar o filme em 4 min.
- d) O maior tempo de revelação é obtido a uma temperatura 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) 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.
- b) a presença de umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar.
- c) a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera.
- d) 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?
