

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

RAFAELA GARBIN DA SILVA

CONSTRUÇÃO DE UM CALORÍMETRO PARA USO EM LABORATÓRIOS
DIDÁTICOS E EM AULAS DE FÍSICA

MARINGÁ
2019

RAFAELA GARBIN DA SILVA

CONSTRUÇÃO DE UM CALORÍMETRO PARA USO EM LABORATÓRIOS
DIDÁTICOS E EM AULAS DE FÍSICA

Monografia apresentada ao Departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá para a obtenção do título de Licenciatura em Física.

Orientador: Prof. Dr. Maurício A Custódio de Melo

Coorientador: Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini

MARINGÁ

2019

“A felicidade pode ser encontrada mesmo nas horas mais difíceis se você lembrar de acender a luz.”

(Alvo Dumbledore)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida. Ao meu orientador Prof. Dr. Maurício A. Custódio de Melo, bem como, ao coorientador Prof. Dr. Ronaldo Celso Viscovini, por todas as ideias, os ensinamentos, compreensão e ajuda para a elaboração deste trabalho, a qual eu sou imensamente grata.

Dedico esse trabalho aos meus amados pais, Maria de Fátima Garbin da Silva e Ademir Aparecido dos Reis da Silva, que sempre me apoiaram e me deram forças em minha caminhada. Dedico também ao meu namorado Luiz Salvac Neto, por todas as ideias e ajudas prestadas neste trabalho, o qual ele se fez presente constantemente. Agradeço de forma geral a todos os meus familiares, amigos e professores, pelo apoio e incentivo para estudar e nunca desistir mesmo nas situações mais difíceis.

RESUMO

Tendo em vista as pesquisas que hoje em dia apontam a importância do uso da experimentação no ensino, e que trazem uma ideia de um papel motivador para tal atividade. Este trabalho buscou entender um pouco sobre esta importância, no que se refere ao ensino de Física, o que por sua vez, se fez necessário uma análise do próprio ensino, onde pode-se notar uma escassez de materiais, recursos, locais adequados, equipamentos e até mesmo de vontade por parte do próprio professor, em utilizar a experimentação como ferramenta didática para auxiliá-lo. Desta forma, notando tais dificuldades, este trabalho propôs a construção de um equipamento que possa ser utilizado em sala de aula ou em laboratórios de Física. A construção de um calorímetro com uma garrafa térmica teve como objetivo possibilitar a análise de vários conceitos que são retratados nos conteúdos de Física, o que poderia significar uma opção a qual o professor possa utilizar em aula. O equipamento construído possui um método de aquecer, um método de aferir temperatura, um agitador e um recipiente isolado termicamente capaz de minimizar as perdas calóricas, pelo qual seria capaz de realizar medidas. Sendo assim, tal equipamento foi testado o que nos possibilitou constatar que possui um bom desempenho, bem como, é capaz de ser utilizado em sala de aula para realizar medidas experimentais sobre conceitos de calorimetria.

Palavras-chave: Experimentação; Calorímetro; Equipamento.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	7
1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
1.1. O USO DE EXPERIMENTOS EM SALA DE AULA E LABORATÓRIO DIDÁTICO	10
1.2. O ENSINO DE FÍSICA E SEUS CONTEÚDOS.....	12
1.3. CALORIMETRIA.....	13
1.3.1. CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DO CALOR.....	13
1.3.2. ALGUNS CONCEITOS DE CALORIMETRIA.....	17
1.3.3. CALORÍMETRO.....	18
2. METODOLOGIA.....	21
2.1. MATERIAIS.....	22
2.2. CONSTRUÇÃO EQUIPAMENTO.....	22
I. Montagem do recipiente.....	24
II. Montagem método de aquisição de temperatura.....	24
III. Montagem do aquecedor.....	25
IV. Montagem do agitador.....	26
2.3. RESULTADOS E DISCUÇÃO.....	27
2.3.1. MONTAGEM FINAL.....	27
2.3.2. TESTES.....	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
ANEXOS	
ANEXO A - PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, “SISTEMA PARA REGISTRO DE TEMPERATURA PARA LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DE TERMODINÂMICA BASEADO NO ARDUINO UNO” (VISCOVINI; FACHIM, 2014).....	38

INTRODUÇÃO

No que se refere ao uso de experimentos em sala de aula, existem várias visões, as quais, indicam que a prática de experimentação em sala e em laboratórios didáticos tem um papel importante no ensino, bem como, na compreensão de conceitos estudados por parte no aluno.

Nos dias de hoje é fácil notar que os alunos estão cada vez mais dispersos em sala de aula e que, por sua vez, tal atitude acaba fazendo com que os professores percam o interesse em buscar uma maneira de auxiliar no ensino de um modo geral. No ensino de Física, esta visão não se faz diferente, tendo em vista este obstáculo, algumas pesquisas apontam que a utilização de atividades experimentais possuem um papel motivador, que por sua vez, pode auxiliar na compreensão dos conceitos estudados.

Mesmo sabendo que este tipo de atividade está se tornando a cada dia menos presente em sala de aula, este trabalho vem propor a construção de um equipamento que possa ser utilizado em laboratório didático e em aulas experimentais de Física.

Como o conteúdo de Física é muito vasto sendo geralmente dividido em áreas como a Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo, não seria possível propor aqui experimentos e construção de equipamentos para todos os conceitos estudados em sala de aula. Portanto, neste trabalho vamos abordar a área da termologia bem como os conceitos que a envolvem a calorimetria.

Por muitos anos foram construídos os conhecimentos sobre a natureza do calor. Desde a teoria dos quatro elementos (fogo, água, terra e ar) que foi criada por alguns filósofos do século V e VI a.c, e serviu como base por vários anos para os alquimistas.

Dentre algumas outras diferentes explicações a ideia do calor como uma substância e do calor como movimentação da matéria, foram as que mais se destacaram. Neste trabalho analisamos de forma resumida, como esse conceito foi sendo abordado por alguns pensadores.

Duas grandes concepções teóricas do conceito de calor, são a ideia de calor como uma substância e do calor vindo da movimentação da matéria. Entre estas ideias temos a teoria do Flogístico de Georg Stahl, que pesquisava

o processo de combustão e que interpretou que o corpo perdia alguma substância. Bem como, as ideias de Galileu que também acreditava que o calor era uma substância capaz de penetrar na matéria. A teoria do Calórico de Antoine Lavoisier também possuía esta ideia de substância ao dizer que o calor era transferido de um corpo para outro. Em contrapartida, algumas teorias apresentam ideias diferentes como a de Francis Bacon que defendia a ideia de Calor como movimento de matéria o qual indicava a existência de uma movimentação na parte interna do corpo.

Foi então com os experimento de perfuração de um canhão cilíndrico de metal, que Benjamin Thompson, conhecido como Conde Rumford, tentou provar que o calor não se tratava de um fluido. Primeiramente ele definiu que se o calor, então chamado de calórico, existisse e fosse um fluido, ele deveria ter um limite de existência. Desta forma, ao utilizar a geração de calor por atrito da broca com o fundo do canhão que era feito de metal e se encontrava envolvido por água durante o processo de perfuração, ele notou que a água também era aquecida juntamente com os metais, portanto propôs que o calor não estaria contido em “algo” afinal, se assim fosse a água forneceria o calor aos metais e esfriaria.

Sendo assim, com esta análise James Joule concluiu que o calor é uma forma de energia. E como consequência foi se consolidando o conceito de energia interna e a lei de conservação de energia.

Assim os conceitos de calorimetria foram sendo construídos como a capacidade térmica de um objeto o qual relaciona a quantidade de calor recebido ou cedido por um corpo e a variação de temperatura que o mesmo sofre. Sabendo que a massa do corpo influencia na capacidade térmica daquele corpo calculamos também o calor específico que representa a capacidade térmica por unidade de massa.

Como todas estas ideias e conceitos fazem parte das aulas de Física, ao propor um experimento para ser utilizado em sala de aula, que envolva tais conteúdos corriqueiramente pensamos em um equipamento chamado de calorímetro. Tal equipamento se trata de um sistema fechado que evite trocas de calor com o meio externo. Um material que possui tais características é a tradicional garrafa térmica por ser capaz de minimizar as trocas de calor do seu conteúdo com o meio externo. Para realizar experimentos com o calorímetro é

necessário existir uma diferença de temperatura bem como um método de aferi-la.

Para tal feito existem vários tipos de termômetros que são capazes de detectar qual a temperatura de um corpo, cada qual com sua precisão. Quanto a diferença da temperatura é necessário que exista uma fonte de energia para fornecer calor ao material dentro do calorímetro, podendo por sua vez ser utilizado algum sistema de aquecimento elétrico. Desta forma neste trabalho buscamos meios de construir um calorímetro capaz de ser utilizado em sala de aula.

Para a construção deste equipamento que envolve o propósito deste trabalho analisamos maneiras de fazer cada parte do equipamento. Utilizamos uma garrafa térmica como recipiente por possuir uma boa capacidade de isolamento. Para que possamos colocar um líquido a ser analisado, nesta garrafa confeccionamos uma tampa de madeira onde o restante do equipamento pode ser fixado. Sabendo que, de um modo geral, os experimentos de calorimetria tem a necessidade de utilizar um método de aferição de temperatura, escolhemos utilizar um equipamento chamado termógrafo (VISCOVINI; FACHIM, 2014) construído em outro trabalho que utiliza um sensor de temperatura a prova de água (DS18B20) capaz de medir a temperatura no interior de nossa garrafa térmica (recipiente).

Também criamos um aquecedor capaz fornecer energia térmica para o líquido utilizando um aquecedor de água chamado de “rabo quente” e um controlador de corrente conhecido como dimmer. Construímos também um agitador para homogeneizar o calor transferido para o líquido pelo aquecedor no interior da garrafa. Tanto o aquecedor quanto o agitador foi fixado na tampa de madeira da garrafa térmica.

Após a construção de todas as partes montamos o calorímetro e realizamos alguns testes pelos quais tínhamos o objetivo de verificar o funcionamento do equipamento.

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.O USO DE EXPERIMENTOS EM SALA DE AULA E LABORATÓRIO DIDÁTICO

Um recurso que pode auxiliar no ensino de Física é a utilização de experimentos em aulas e em laboratórios didáticos. Muitas pesquisas consideram importantes as atividades experimentais para possibilitar uma melhor compreensão do fenômeno Físico a ser estudado (PARANÁ, 2008).

Algumas destas pesquisas, apontam que o uso destas atividades experimentais são capazes de ocasionar a compreensão de conceitos, bem como, auxiliar na correlação de um conceito, com as ideias que já tenham sido discutidas (PARANÁ, 2008).

Segundo Giordam, (1999) muitos professores chegam até a afirmar que o uso da experimentação pode aumentar a capacidade de aprendizado do aluno, afinal, o experimento teria o papel de envolver o aluno com os temas trabalhados.

No que diz respeito a aprendizagem na disciplina de Física os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) indicam que:

“É indispensável que a experimentação esteja sempre presente ao longo de todo o processo de desenvolvimento das competências em Física, privilegiando-se o fazer, manusear, operar, agir, em diferentes formas e níveis. É dessa forma que se pode garantir a construção do conhecimento pelo próprio aluno, desenvolvendo sua curiosidade e o hábito de sempre indagar, evitando a aquisição do conhecimento científico como uma verdade estabelecida e inquestionável. Isso inclui retomar o papel da experimentação, atribuindo-lhe uma maior abrangência para além das situações convencionais de experimentação em laboratório”. (BRASIL, 2002).

Portanto, tal ideia indica que a utilização da experimentação deveria ser uma atividade recorrente em sala de aula, o qual, por sua vez, teria um papel muito importante, no que diz respeito a motivação e uma maior autonomia, por parte do aluno. No entanto, é notório que o tipo de experimentação utilizada em sala de aula deve ser levada em conta.

E é exatamente por este motivo que nos últimos anos muitos estudos estão buscando qual o real papel das atividades experimentais, bem como, as formas e maneiras de aborda-las em sala (OLIVEIRA, 2010).

Existem diferentes objetivos e variadas contribuições para o ensino envolvendo a utilização de aulas experimentais, sendo a motivação uma das contribuições estudadas (OLIVEIRA, 2010).

Afinal nos dias de hoje, é fácil perceber uma enorme falta de interesse de muitos alunos, com o que é abordado nas aulas e isso vem se intensificando a cada dia, o que por sua vez, vem se tornando um obstáculo a ser vencido no ensino.

“À medida que os alunos não se importam, os professores, involuntariamente, deixam de se importar, pois é mais fácil ir a favor da correnteza. No entanto, esta correnteza ganha forças à medida que os alunos avançam em sua escolaridade, prejudicando ainda mais a integridade deste futuro ser social”. (VILAÇA, 2012, p. 02).

Portanto a cada dia se torna maior o desinteresse do aluno, o que corriqueiramente pode ir se intensificando progressivamente através dos anos, acabando muitas vezes com as perspectivas dos professores em sala de aula. No entanto, como profissional, cabe ao professor o papel de buscar meios capazes de motivar os alunos, acerca dos conteúdos estudados. Segundo Giordam, (1999) os próprios professores consideram que a experimentação possa despertar interesse no aluno referente aos conteúdos escolares, bem como, segundo ele existem depoimentos onde os próprios alunos encaram a experimentação como atividade motivadora e lúdica.

Seria de total relevância, que todas as escolas tivessem um laboratório didático, em geral no ensino de Física, esta seria uma ferramenta a mais e muito bem vinda, nas mãos dos professores. Os laboratórios didáticos de Física deveriam servir como instrumentos de verificação dos fenômenos e por sua vez complementar os estudos teóricos. Afinal, esta atividade prática tem função de demonstrar a importância, bem como, a aplicação daquele aprendizado em Física (SILVA; LEAL, 2017).

Em grande parte das escolas existem o espaço físico compreendido como laboratório sendo, um requisito em geral necessário nas escolas de Ensino Fundamental e Médio, todavia, muitas vezes este espaço não é

utilizado para tais finalidades acarretando na falta de manutenção e materiais adequados. O laboratório pode ser visto como uma ampliação do espaço de sala de aula, de forma que os recursos possam se aumentar de acordo com a necessidade de cada experimento (HOFFMANN, 2017).

A cada dia o ensino de ciências naturais vem sofrendo uma escassez de recursos no que diz respeito a materiais e equipamentos para laboratórios. (VILAÇA, 2012). No entanto as Diretrizes curriculares da Educação Básica (DCE) afirmam que nem sempre é necessário aparatos sofisticados para serem utilizados como experimentos em laboratórios didáticos e também cita que muitos destes equipamentos podem ser construídos nas próprias escolas (PARANÁ, 2008).

Mesmo com todas estas ideias tem-se notado, que o uso de atividades experimentais por parte do professor, como recurso didático vem se tornando uma atividade cada vez mais em desuso (VILAÇA, 2012). Portanto, mesmo sabendo de tal situação, este trabalho vem propor a construção de um equipamento por parte do professor, da escola ou de um grupo de ensino, com o benefício ampliar as possibilidades em laboratórios didáticos de Física nas escolas.

1.2. O ENSINO DE FÍSICA E SEUS CONTEÚDOS

Existem muitos conhecimentos de Física, que vem sendo acumulado ao longo da história da humanidade, o que por sua vez não pode ser abordado de forma total nas escolas, desta forma, se tem uma seleção do que é mais fundamental tomando como base os conceitos mais centrais presentes nos fenômenos de natureza física (BRASIL, 2002).

A Física geralmente é dividida em áreas tradicionalmente trabalhadas, como Mecânica, Termologia, Ótica e Eletromagnetismo. Sendo portanto o estudo do calor uma área de abrangência da termologia, que permite o aluno lidar com fontes de energia bem como as propriedades térmicas em geral (BRASIL, 2002).

1.3. CALORIMETRIA

A Calorimetria é um dos ramos da Física que se estuda é a troca de energia na forma de calor entre dois ou mais corpos ou substâncias.

1.3.1. CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DO CALOR

Ao longo da história da ciência foi-se construindo as ideias acerca da natureza do calor, de acordo com as hipóteses teóricas e metodológicas de cada época (GOMES et al, 2011).

Os filósofos gregos do século V e VI a.c, Empédocles, Aristóteles e outros, acreditavam na teoria dos quatro elementos o fogo, a água, a terra e o ar, para eles tais elementos eram indestrutíveis e eternos, que se uniam e se separavam mediante duas forças (SILVA; CARVALHO, 1995). Esta ideia sobreviveu por quase 200 anos, faz parte deste período os alquimistas, que admitiam que o fogo possuía um poder extraordinário para leva-los ao encontro da pedra filosofal e do elixir da vida. Em 1661 o químico irlandês Robert Boyle, trouxe o conceito de elemento químico considerando também o fogo como um destes elementos.

Nos séculos XVII até XIX as ideias e definições sobre o conceito do calor tiveram diversas explicações diferentes, destacando-se duas grandes concepções teóricas sobre o calor, sendo o calor como uma substância e o calor vindo da movimentação da matéria (GOMES et al, 2011). Portanto, com pensamentos e ideias diferentes o calor era explicado por vários pensadores, cada qual seguindo seus princípios.

Dentre os pensadores que buscavam explicar o aquecimento e resfriamento dos corpos utilizando uma abordagem do Calor como uma substância temos Georg Stahl (1659-1734), que realizou várias pesquisas analisando a combustão de materiais, onde para ele a matéria em processo de combustão perdia alguma substância em que ele chamou de Flogístico, essa ideia passou a ser conhecida como a Teoria do Flogístico (GOMES et al, 2011).

Galileu também apresentou suas concepções sobre o calor apresentando a ideia da existência de uma substância capaz de penetrar a matéria, o qual em seu livro *Il Saggiatore* (O Ensaíador) ele comenta:

“[...]fazem perceber o calor em nós, matérias que nós chamamos com o nome geral de fogo, sejam uma multidão de pouquíssimos corpos, com determinadas figuras [...]. Esses pequenos corpos encontram nosso corpo e o penetram com a sua maior sutileza, e o contato deles, realizado na passagem através de nossa substância é percebido por nós, resulta naquilo que nós chamamos de calor.” (GALILEU, 1623/1987, p.121 apud SILVA e CARVALHO, 1995).

Seguindo por este mesmo caminho Antoine Lavoisier (1743-1794), em 1783, desenvolveu estudos defendendo também que o Calor era constituído por uma substância, que ele chamou de Calórico (GOMES et al, 2011). Sendo conhecida portanto como teoria do Calórico, ela trazia a ideia de que o calor era transferido de um corpo para outro de acordo com a lei da conservação do calor. Assim, como outros pensadores também notaram a teoria do calórico explicava os efeitos causados pelo atrito de um material dizendo que “o fluído calórico era expulso para fora do material e o outro corpo absorveria esse calórico”. (BARBOSA; BELLINI, 2016)

Lavoisier apresentou argumentos contra as ideias referentes a teoria do Flogístico, criticando a explicação para o fenômeno da combustão afinal ao refazer algumas experiências, sendo assim Lavoisier chega à conclusão de que o processo de “combustão era uma reação química que se dava não pela presença de uma substância na matéria submetida à queima, mas na ‘atmosfera’ em que o fenômeno ocorria, ou seja, seria um elemento presente no ar, elemento que ele denominou calórico” (GOMES et al, 2013).

Já para o filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626) defensor da ideia de Calor como movimento de matéria, para ele calor não gerava o movimento, o calor ou algo presente nele era o próprio movimento. (SILVA; CARVALHO, 1995).

Adotando a origem do calor como sendo a movimentação das partículas que formam a matéria em seu livro *Novum Organum*, Bacon diz:

“Fica igualmente claro que todos os corpos se destroem ou, pelo menos, se alteram consideravelmente, por qualquer fogo ou calor forte e veemente, daí se seguindo que o calor produz um movimento forte, um tumulto ou perturbação nas partes internas do corpo, que

gradualmente caminham para a dissolução”. (BACON, 1620, p. 74 apud GOMES et al, 2011).

Podemos perceber nesta ideia que Bacon indica a presença de uma movimentação na parte interna do corpo, o qual tem como fim a dissolução, ou seja, essa movimentação presente no corpo também pode diminuir com o tempo.

Contudo, tanto a ideia do calor como um fluido quanto a do movimento da matéria eram capazes de explicar alguns fenômenos. Com isto, Lavoisier e Laplace (1749-1827) em um trabalho publicado em 1780 com o título “Memórias sobre o Calor” são discutidas as duas concepções de calor:

“Alguns o consideram como um fluido expandido por toda a natureza, o qual se encontra em todos os corpos por haver penetrado mais ou menos neles (...) Outros físicos pensam que o calor não é senão o resultado de um movimento insensível das moléculas da matéria. Sabemos que todos os corpos, mesmo os mais densos, estão cheios de um grande número de poros, de pequenos vazios. Esses espaços vazios deixam às suas partes insensíveis a liberdade de oscilar em todo sentido; é natural pensar, então, que essas partes estão em contínua agitação e que, se esta aumenta até um certo ponto, pode chegar a desunilas e a decompor os corpos. É esse movimento interno o que, segundo os físicos que mencionamos, constitui o calor”. (LAVOISIER e LAPLACE, 1780, p. 285 apud GOMES et al, 2013).

Um outro pensador também importante para a história foi Benjamin Thompson, conhecido como Conde Rumford, teve a ideia de realizar alguns experimentos com a perfuração de um canhão cilíndrico de metal para investigar a hipótese de calor como um fluido.

Seu experimento consistia em utilizar a geração de calor por atrito de uma broca com o fundo sólido girando em torno do seu eixo através de forças exercidas por cavalos, tendo um orifício para colocar um termômetro e realizar a medida do “calor que se acumulava no cilindro” para isolar ele recobriu o canhão com flanelas grossas (RUMFORD, 1798, p. 83-84 apud GOMES et al, 2013).

Em um outro experimento ele preencheu a parte onde estava acontecendo a perfuração, com água e com isto pode notar que ela também aqueceu, sendo assim pode concluir que “o calor não tinha origem em algo contido na água, pois, se assim o fosse, a água não poderia ao mesmo tempo fornecer calor ao canhão e à broca e esquentar a si mesma” (RUMFORD,

1798, apud GOMES et al, 2013). Deste fato, ele concluiu que existia um fluido chamado calórico, que segundo ele se estivesse contido na água ele deveria ser fornecido ao metal, o que por sua vez faria a água esfriar.

Desta forma, ao final do século XVIII, Rumford demonstrou em um trabalho, argumentos como provas incontestáveis da natureza mecânica do calor (GOMES et al, 2013). Portanto sua proposta veio refutar as ideias que tratavam o calor como um fluido e.

“Argumentei que se a existência do calórico era um fato, deve ser absolutamente impossível para um corpo, ou para muitos corpos individualmente que juntos formam apenas um, comunicar esta substância continuamente para vários outros corpos que os rodeiam, sem que esta substância seja gradualmente totalmente exaurida”. (RUMFORD, 1798, 210 apud GOMES et al, 2013).

Como visto, Rumford supõe que se o calórico realmente existisse seria necessária haver um limite de sua própria existência e que com o tempo a própria quantidade de calórico presente em cada corpo ou parte do corpo deveria acabar por completo e por sua vez o fenômeno deveria cessar. Neste mesmo trabalho, ele utiliza de um exemplo para explicar tal ideia como forma de argumento pelo qual destaca que o calor não deve se assemelhar com uma substância.

“Uma esponja cheia com água, e apertada por um fio no meio de uma sala cheia de ar seco, comunicará sua umidade ao ar, é verdade; mas breve a água se evaporará e a esponja não poderá mais fornecer umidade. Pelo contrário, um sino soa sem interrupções quando é tocado, e fornece seu som tão frequente quanto queremos, sem a menor percepção de perda. Umidade é substância; som não é”. (RUMFORD, 1798, 210 apud GOMES et al, 2013).

James Joule, notando que o trabalho mecânico poderia gerar o calor e foi realizando algumas medições bastante precisas sobre a equivalência mecânica do calor e partindo das ideias de Rumford que ele concluiu que calor é uma forma de energia. Ganhando uma grande aceitação na época foi-se introduzindo o conceito de energia interna, bem como, a lei de conservação da energia o que por sua vez tornou o conceito de calor como

sendo a transferência de energia entre o sistema e sua vizinhança (MARQUES; ARAUJO, 2009).

Sendo as substâncias formadas por átomos e moléculas estas que por sua vez encontram-se em constante movimento e possuem energia interna. Portanto o calor é considerado como processo de transferência de energia entre os corpos devido exclusivamente à diferença de temperatura entre eles (MARQUES; ARAUJO, 2009).

1.3.2. ALGUNS CONCEITOS DE CALORIMETRIA

Tendo o calor (Q) definido como uma forma de energia em trânsito. Podemos entender através da lei de conservação de energia que:

$$Q_{cede} = Q_{recebe} \quad (01)$$

Já no que diz respeito a capacidade térmica C de um objeto ela se refere a constante de proporcionalidade entre o calor recebido ou cedido (Q) por um objeto e a variação de temperatura ΔT que ele sofre, como representado na equação 02. Onde sua unidade de medida é dada por $cal/^{\circ}C$ ou $J/^{\circ}C$.

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (02)$$

Portanto no que diz respeito a quantidade de calor Q de um sistema com capacidade térmica C e que a variação da temperatura é dada por ΔT temos a partir da equação 02 que:

$$Q = C \Delta T \quad (03)$$

Como a capacidade térmica depende de cada objeto, sendo assim corpos de mesmo material devem possuir a mesmas capacidade térmica no entanto a quantidade de massa (m) de cada corpo pode interferir no processo, isto nos faz pensar também na capacidade térmica por unidade de massa o

que chamamos de calor específico (c) referente a cada unidade de massa presente no corpo (HALLIDAY et al, 2009). Ou seja, corpos de mesmo material com massa diferente possuem capacidade térmica diferente. Desta forma a quantidade de calor pode ser interpretada como:

$$Q = c m \Delta T \quad (04)$$

Logo, no que diz respeito ao calor específico (c) podemos representá-lo como descrito na equação 05 e sua unidade de medida é dada por cal/gK ou J/kgK .

$$c = \frac{Q}{m \Delta T} \quad (05)$$

1.3.3. CALORÍMETRO

O calorímetro é um sistema fechado formado por um tipo de recipiente termicamente isolado com paredes adiabáticas, que evita trocas de calor com o meio externo. Para se obter um calorímetro tido como ideal não deveria ocorrer nenhuma troca de calor com os corpos presentes em seu interior contudo isto não ocorre na prática (NUSSENZVEIG, 2002).

Levando em conta a importância dos laboratórios didáticos, bem como, as possibilidades de ensino utilizando experimentos em sala de aula, o uso do calorímetro como equipamento didático pode ser uma boa possibilidade de ensino no que se refere aos estudos de conceitos de calorimetria. Em geral tal equipamento costuma ser construído em recipientes isolantes.

A garrafa térmica é um sistema fechado que possui estas características necessárias para ser utilizada como um calorímetro afinal, a sua parte interna é constituída por uma ampola. A utilização da garrafa térmica tem o objetivo de conservar a temperatura de líquidos. Em sua estrutura ela possui duas paredes de vidro podendo ter vácuo entre elas, as quais geralmente são espelhadas com o intuito de evitar a troca de calor do conteúdo interno com o externo. Tal estrutura tem o papel de impedir a ocorrência de transferência de calor por condução, convecção e radiação como no caso do material que é

utilizado, o vidro é considerado um bom isolante térmico e portanto um mal condutor, desta forma, o processo de condução é minimizado, já o vácuo entre as paredes tem papel de dificultar ainda mais a transferência de calor por condução, bem como, por convecção evitando o contato do líquido quente ou frio com o ar. A parte espelhada presente no interior da garrafa também auxilia pois é capaz de diminuir as trocas por radiação afinal o calor é refletido em seu interior (DIEFENTHÄLE; AVI, 2017).

Um experimento com calorímetro é capaz de medir capacidade térmica e calor específico do líquido, bem como, analisar a quantidade de calor recebida pelo sistema. Em geral é necessário também ter um método de aferir a temperatura, muitas vezes este é o papel do termômetro.

O instrumento, que ao entrar em contato com um material que esteja a uma certa temperatura, apresenta uma resposta quando ocorre a alteração de sua propriedade termométrica pode ser chamado de termoscópio. Ao relacionar esta alteração de temperatura com uma escala termométrica, tal instrumento se torna um termômetro (PRANDEL; SILVA, 2005). Portanto, com o tempo foram criadas diversos materiais com o objetivo de aferir a temperatura, que por sua vez são os tipos de termômetros que conhecemos hoje em dia.

“Existem vários tipos de termômetros que diferem um do outro pela grandeza termométrica. Nos termômetros de líquido, como os de mercúrio e de etanol, a grandeza termométrica é o volume do mesmo que, ao variar, faz mudar a altura da coluna. Nos termômetros de gás a grandeza termométrica é o volume do gás (se a pressão permanece constante) ou a pressão do gás (quando o volume é constante). No termômetro de resistência de platina a grandeza termométrica é a resistência elétrica de um fio desse metal.” (AFONSO et al, 2006, p.102).

Portanto cada tipo de termômetro é capaz de medir a temperatura de acordo com sua grandeza termométrica. O que por sua vez distingue um do outro é a precisão ou o tempo em que cada um deles realiza a medida. Afinal, consideramos um bom medidor de temperatura aquele equipamento que não provoca grandes alterações na temperatura do corpo em que se está medindo e que seja capaz de entrar em equilíbrio térmico com o material de forma mais rápida (PRANDEL; SILVA, 2005).

Em um calorímetro para realização de experimentos é necessário existir uma fonte de energia que forneça calor para o líquido dentro do mesmo (recipiente) o que por sua vez se torna o responsável pela sua variação na temperatura, podendo ser utilizado algum sistema de aquecimento elétrico para tal feito. Afinal, partindo da lei da conservação de energia (equação 01) a energia fornecida ao sistema deve ser conservada e assim pode ser convertida a outro forma.

A potência P é dada pela razão $P = W/t$, onde W é o trabalho em Joules e t é o tempo em segundos.

Logo, em um circuito elétrico a potência P que está associada a essa conversão se trata da taxa de transferência de energia elétrica que pode ser expressa por:

$$P = V i \quad (06)$$

Sendo V a tensão elétrica e i a corrente elétrica. Portanto, a potência P representa a taxa pelo qual a energia é transferida, desta forma se tivermos um resistor no sistema é possível que a energia seja transformada em energia térmica provocando um aumento da temperatura do resistor.

Segundo a Lei de Ohm, a corrente (i) que atravessa um dispositivo é diretamente proporcional a diferença de potencial (V) aplicada ao dispositivo. O que, por sua vez, relaciona com a diferença de potencial, corrente e resistência (R). Tal lei é representada pela seguinte expressão:

$$V = R i \quad (07)$$

Sendo assim, podemos combinar as equações 06 e 07 resultando na seguinte expressão:

$$P = R i^2 \quad (08)$$

Estes conceitos são necessários para determinar a quantidade de calor fornecida pelo aquecedor para um calorímetro que utilize uma fonte de energia

elétrica para seu sistema. Afinal, sabendo a potência do aquecedor P e o tempo (Δt) que este aquecedor fica aquecendo, é possível determinar a quantidade de calor Q fornecida pelo sistema e assim partindo das equações 3 e 8 obtém-se uma relação para a capacidade térmica do sistema C_T .

$$P\Delta t = C\Delta T \rightarrow C_T = \frac{P}{\Delta T/\Delta t} \quad (09)$$

Podemos calcular a capacidade térmica do calorímetro C sabendo que a capacidade térmica total do sistema C_T corresponde a capacidade térmica da água $C_{\text{água}}$ e da capacidade térmica do calorímetro $C_{\text{calorímetro}}$ (paredes internas, parte interna do agitador, resistência e fios internos).

$$C_T = C_{\text{água}} + C_{\text{calorímetro}} \quad (10)$$

Sendo que a capacidade térmica da água pode ser bem determinada através da equação 05 o que resulta:

$$C_T = c_{\text{água}}m_{\text{água}} + C_{\text{calorímetro}} \quad (11)$$

Quanto à capacidade térmica (C) em um calorímetro, quanto menor o seu valor melhor é o isolamento de tal material. Assim é possível trabalhar alguns conceitos físicos previstos pelo conteúdo de termologia em sala de aula através de um calorímetro. Com estas ideias este trabalho tem o objetivo de criar um calorímetro que possa ser utilizado em sala de aula.

2. METODOLOGIA

A ideia central do trabalho é criar um equipamento que possa ser utilizado em aulas experimentais seguindo as ideias já estudadas. Neste caso vamos construir um calorímetro.

2.1. MATERIAIS

Na construção do equipamento foram utilizados alguns materiais para confeccionar cada uma das partes do calorímetro. Os materiais são:

- Uma garrafa térmica de 1 litros;
- Tampa de madeira com furos;
- Aquecedor de água “rabo quente”;
- Dimmer;
- Um motor de fonte $5.9V$;
- Haste de ferro para o motor;
- Carregador de celular;
- Termógrafo;
- Béquer.

2.2. CONSTRUÇÃO EQUIPAMENTO

Seguindo a ideia de construir um equipamento que utilize os princípios de calorimetria para análise em laboratórios didáticos. Para a construção do calorímetro é necessário um recipiente que será o sistema isolado (I); uma fonte de energia (II) que faça a temperatura aumentar (aquecedor); um método de aferição de temperatura (III) e um sistema de agitação (IV) para homogeneizar o calor no líquido. Para a construção do equipamento foram selecionados alguns materiais para montar cada uma das estruturas.

Utilizando uma garrafa térmica de capacidade 1 litro (L) foi construída uma tampa de madeira (por ser um material com grande capacidade de isolamento) com furos, pelo qual fosse possível introduzir as demais partes do equipamento, como um recipiente isolado para construção do calorímetro (Figura 01).

Para aferir a temperatura a escolha se deu em utilizar um equipamento chamado de termógrafo (Figura 02) que se trata de um sistema para registro de temperatura para laboratórios didáticos que possui o sensor de temperatura a prova de água DS18B20 o qual realiza leituras na faixa de $-55^{\circ}C$ a $125^{\circ}C$ com uma precisão de $\pm 0,5^{\circ}C$ (OLIVEIRA et al, 2016). O equipamento foi construído

em um outro projeto do programa institucional de bolsas de iniciação científica (PIBIC/CNPq-Fundação Araucária – UEM) no departamento de ciências da instituição de ensino Universidade Estadual de Maringá pelo aluno bolsista Cael Fachim juntamente com seu orientador Prof. Ronaldo Celso Viscovini (VISCOVINI; FACHIM, 2014).

Esta escolha deve-se ao fato de este equipamento possuir uma grande precisão na medição de temperatura ao ser comparado com alguns outros materiais que geralmente são utilizados neste tipo de experimento com calorímetro, como o termômetro de mercúrio, termopares acoplados a multímetros digitais e etc. Afinal os termômetros de mercúrio precisam ser lidos analogicamente onde muitas vezes se faz necessário a sua retirada do experimento o que seria uma desvantagem deste termômetro. Já os termopares acoplados a multímetros digitais podem apresentar um erro na medida o que prejudicaria o experimento (VISCOVINI; FACHIM, 2014). No entanto estes outros métodos de aquisição de temperatura também podem ser utilizados, ficando a escolha do profissional que vai elaborar tal equipamento e executar as medidas. Contudo a montagem do termógrafo apresentada pela trabalho citado acima encontra-se no anexo A.

Como aquecedor foi utilizado um equipamento mais conhecido como “rabo quente”, que pode ser encontrado em lojas, capaz de aquecer a água, porém, como tal equipamento tem uma alta potência e pode esquentar a água em pouco tempo, então surgiu a necessidade de utilizar um outro equipamento para controlar a potência do aparelho conhecido como dimmer, este equipamento controla a intensidade de corrente elétrica o que torna capaz de controlar a potência do aquecedor.

E como agitador foi utilizado um motor de 5.9 V que foi retirado de um drive de CD de computador, nele foi anexado uma haste comprida feita em ferro que possa ser introduzida no interior da garrafa e para alimentar o motor utilizamos um carregador de celular.

I. Montagem do recipiente

Neste trabalho buscou-se um recipiente pelo qual fosse possível construir um calorímetro tendo um bom isolamento térmico. Portanto utilizando uma garrafa térmica de capacidade 1 L como recipiente, tendo a necessidade de anexar o agitador, o aquecedor e o medidor de temperatura no interior da garrafa a sua tampa foi modificada. O material utilizado bem como, a tampa de madeira com os três furos que foi construído estão representados na figura 01:



Figura 01- Recipiente fechado para ser utilizado como calorímetro.

II. Montagem método de aquisição de temperatura

O método utilizado para aferir a temperatura foi um sistema para registro de temperatura para laboratórios didáticos chamado de termógrafo que possui o sensor de temperatura DS18B20 (Figura 02). Este equipamento se encontra montado e tal sensor pode ser anexado colocado no interior do recipiente através de um dos furos presentes na tampa de madeira construída na garrafa térmica. (VISCOVINI; FACHIM, 2014). Contudo como pode-se notar é possível utilizar outro método de aferir a temperatura, que pode ser inserido na garrafa térmica através de um dos furos presentes em sua tampa.



FIGURA 02- Termógrafo construído em outro projeto utilizando o sensor de temperatura DS18B20 (VISOVINI; FACHIM, 2014).

III. Montagem do aquecedor

Para montar o aquecedor utilizou-se um equipamento mais conhecido como “rabo quente” que se trata de um aquecedor de água, tal equipamento (Figura 03-a) possui uma resistência semelhante a de um chuveiro, a qual quando alimentada por uma corrente elétrica consegue esquentar a água em alguns minutos. Como este tipo de aquecedor geralmente tem a capacidade de esquentar a água em pouco tempo, então foi utilizado em série outro equipamento conhecido como dimmer que se trata de um dispositivo utilizado para controlar a intensidade de corrente elétrica, o que permite controlar a potência média que está passando pelo aquecedor.

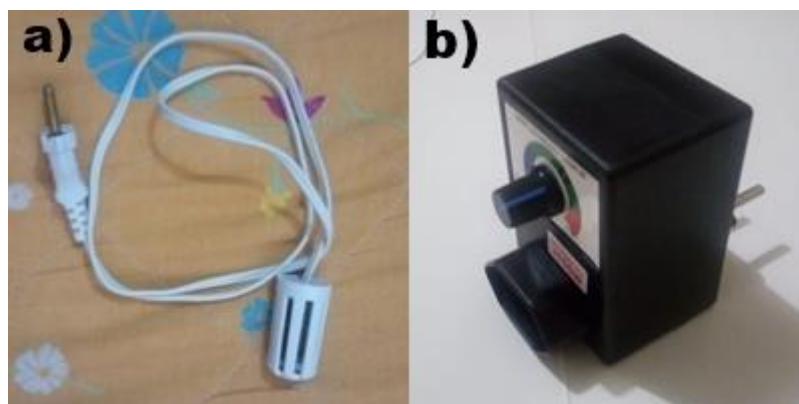


FIGURA 03- a) Aquecedor de água, “rabo quente”- b) Dimmer dispositivo que varia a intensidade de uma corrente elétrica média.

Foi fixado o “rabo quente” na tampa da garrafa térmica, o qual, encontrava-se conectado ao dimmer (como representado na figura 04) de forma que ao liga-lo na tomada ele seja capaz de aquecer o líquido no interior da garrafa térmica, controladamente.



FIGURA 04- Montagem do aquecedor na tampa da garrafa térmica.

IV. Montagem do agitador

Para montar o agitador (Figura 05) com um motor de $5.9 V$ que foi retirado de um drive de CD de computador, o qual possuía um pequeno eixo. Foi construída uma haste utilizando um ferro com a ponta dobrada em “L”, que foi medido para que ocupasse o interior da garrafa sem ter contato com a parede da mesma.

A haste foi fixada no eixo do motor de modo que ao liga-lo a haste gire juntamente com o eixo. E para alimentar o motor com corrente elétrica foi utilizado um carregador de celular conectado ao motor. Após construir tal estrutura ela foi fixada na tampa de madeira da garrafa térmica para evitar que o motor se movimente no momento da agitação.



FIGURA 05- Montagem do agitador.

2.3.RESULTADOS E DISCUÇÃO

2.3.1. MONTAGEM FINAL

Após construção de todas as partes do equipamento e testadas separadamente para verificar a eficiência e o funcionamento de todas elas. Foi possível portanto construir o calorímetro (Figura 06) e a estrutura necessária para ser utilizada em um experimento em sala de aula.

Para verificar a sua eficiência foram realizados alguns testes com o calorímetro para verificar seu funcionamento de modo geral.



FIGURA 05- Calorímetro construído.

2.3.2. TESTES

Foram realizados testes com o calorímetro para verificar seu funcionamento de modo geral. Estabelecendo uma quantidade de massa de água que seria utilizada de modo que cobrisse por completo o aquecedor presente no interior do calorímetro. Portanto esta medida de 400 mL de água foi feita em um béquer e colocada na garrafa térmica para realizar os testes (Figura 06).



Figura 06- Medida de água para utilizar no calorímetro.

Em seguida foi realizada a montagem de todo o equipamento para realizar medidas. Para saber qual a energia térmica fornecida pelo aquecedor mede-se o valor da resistência R do “rabo quente” através de um multímetro (Figura 07). Nesta medida a resistência foi de $R= 37.2\ \Omega$.



Figura 07- Medindo a resistência do “rabo quente”.

Sabendo a resistência do aquecedor e a sua corrente podem-se determinar através da equação 08 qual a potência do mesmo. Desta forma foram realizados dois testes com a mesma quantidade de água ($400mL$). Como o dimmer é capaz de controlar a intensidade de corrente elétrica (i) que passa por ele podemos fixar o botão de seu controlador em uma posição e assim realizar a medida. No primeiro teste utilizando uma corrente de aproximadamente $1,4 A$ que foi medida através de um multímetro como demonstrado na figura 08. Tendo os valores da resistência R e da corrente elétrica i podemos calcular a potência do aquecedor através da equação 08.

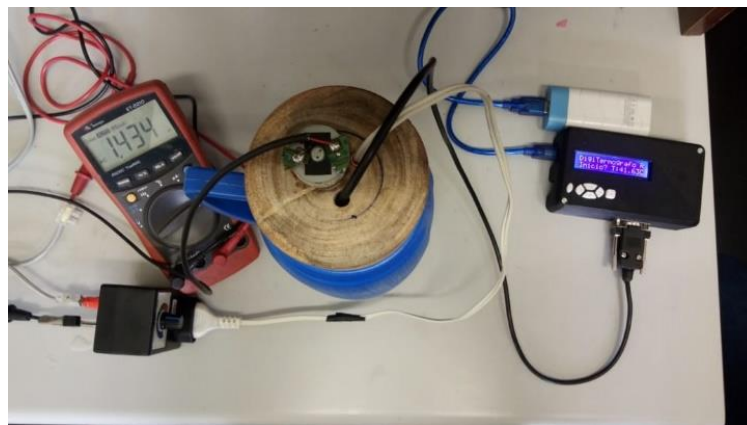


Figura 08- Medindo a corrente elétrica do aquecedor controlada pelo dimmer.

Sendo assim obteve-se o seguinte valor para a potência (Equação 08):

$$P = 37,2\Omega \cdot (1,4A)^2$$

$$P = 72,9 W$$

Em um segundo teste foi realizado o mesmo procedimento com uma corrente de aproximadamente $2,0 A$, também medida seguindo o esquema da figura 08 o que permite também calcular a potência do aquecedor para esta corrente.

$$P = 37,2\Omega \cdot (2,0A)^2$$

$$P = 148,8 W$$

Com os dois testes realizados foi possível medir a temperatura de aquecimento do aquecedor em função do tempo partindo de sua temperatura ambiente (T_i) até chegar a $50^\circ C$ e assim com estes dados medidos foi construída a tabela 01.

Tabela 01- Temperatura e tempo de aquecimento da água.

<i>i=1,4 A</i>		<i>i=2.0 A</i>	
<i>T (±0,5°C)</i>	<i>t (s)</i>	<i>T (±0,5°C)</i>	<i>t (s)</i>
Ti= 28.5	0	Ti= 29.30	0
29	17	30	13
30	42	31	26
31	66	32	39
32	90	33	51
33	115	34	64
34	139	35	76
35	164	36	88
36	189	37	100
37	214	38	114
38	236	39	125
39	265	40	137

40	287	41	150
41	312	42	163
42	337	43	174
43	364	44	186
44	387	45	200
45	414	46	212
46	437	47	223
47	461	48	237
48	487	49	248
49	512	50	261
50	537		

Com estes dados da tabela 01 foi possível construir o gráfico temperatura x tempo (gráfico 01) onde estão presentes as curvas de aquecimento para os dois testes que foram realizados com *1,4 A* e *2,0 A*.

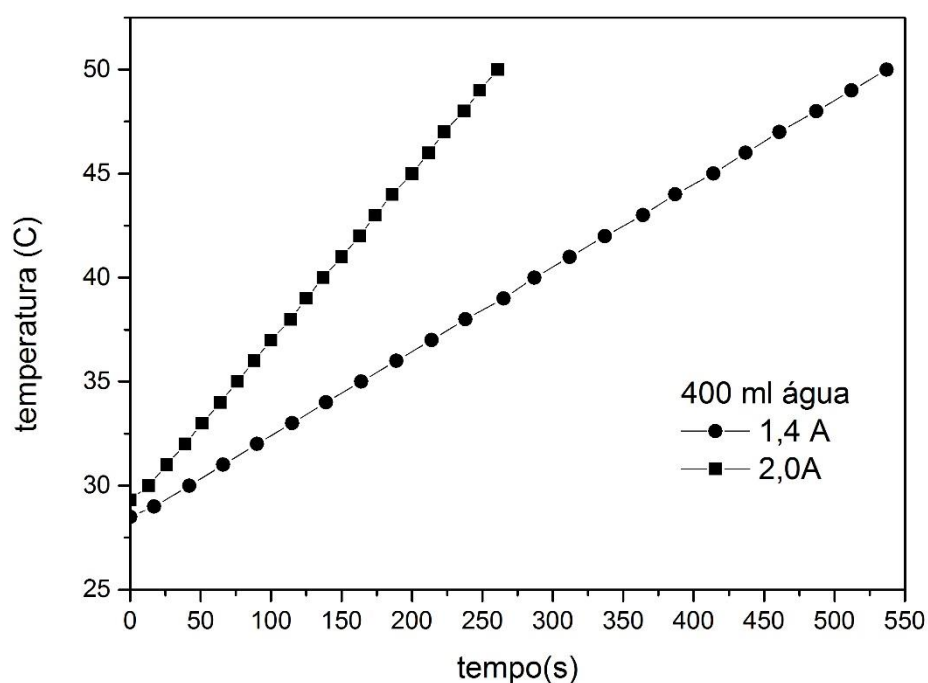


Gráfico 01- Temperatura em função do tempo para os dois testes.

No que diz respeito ao gráfico 01 obtém-se o coeficiente para cada uma das medidas, sendo que no primeiro teste para a corrente igual a $1,4 A$ temos a equação da reta $T = (28,37 + 0,04030t)^\circ C$, já para o segundo teste com a corrente igual a $2,0 A$ tal equação é dada pela expressão $T = (28,94 + 0,0805t)^\circ C$. A linearidade do gráfico nos indica um bom comportamento quanto ao aquecimento e ao medir tal variação em função do tempo.

A equação da reta calculada obedece à Temperatura $T = (T_0 + (\Delta T/\Delta t)t)^\circ C$, onde T_0 é a temperatura inicial e $(\Delta T/\Delta t)$ é a razão graus por segundo. Com relação aos valores calculados de T_0 estão coerentes com os valores da tabela 1, para $1,4 A$ o valor tanto calculado como apresentado na tabela 1 são menores que os apresentados para $2,0 A$.

Os cálculos da equação reta foi realizado por um programa de computador fazendo regressão linear, mas pode ser calculado através do cálculo dos coeficientes linear (a), que é o valor do eixo Y (T) quando $X=0$ (t) e o angular (b), que é dado pela tangente da reta ($\Delta Y/\Delta X$), podendo ser calculado pela razão entre a temperatura e o tempo ($\Delta T/\Delta t$). O que por sua vez nos permite construir uma equação matemática linear $Y = a + bX$ capaz de descrever a relação entre as duas variáveis.

O valor da razão ($\Delta T/\Delta t$) pode ser obtidos da tabela 1 calculando ($i=1,4$) $\Delta T = 50^\circ C - 28,5^\circ C = 21,5^\circ C$ e $\Delta t = 537s - 0s = 537s$ e fazendo a razão $\Delta T/\Delta t = 21,5^\circ C/537s = 0,040^\circ C/s$. Este valor é muito perto do valor obtido pelo computador.

Sendo assim, a partir da equação 9, usando os valores de potência P e da razão $\Delta T/\Delta t$, obtemos a capacidade térmica do sistema C_T (tabela 2).

Tabela 02- Calculo da capacidade térmica.

	Potência $P(W = J/s)$	$\Delta T/\Delta t$	Capacidade térmica $C_T(J/^\circ C)$
$i=1,4 A$	72,9	0,04020	1809,23
$i=2,0 A$	148,8	0,08050	1848,45

Mesmo alimentando a resistência de aquecimento com uma amperagem diferente os valores calculados da capacidade térmica total do sistema C_T são bastante próximos, o que mostra coerência dos resultados. O valores de C_T não dependem da potencia, só das características dos materiais e sua massa (equação 05).

Para determinar a capacidade térmica do calorímetro a partir da equação 11 é preciso calcular a capacidade térmica da água onde através da massa da água utilizada nestes experimentos que é de $400\text{ ml} = 400\text{g} = 0,4\text{kg}$ e o valor do seu calor específico que é $4200\text{ J/kg } ^\circ\text{C}$, onde obtém-se o valor de $1680\text{ J/ } ^\circ\text{C}$.

O que pode ser substituído na equação 11 obtendo:

$$C_T = (1680\text{ J/ } ^\circ\text{C}) + C_{\text{calorímetro}}$$

Sendo assim, com os valores da capacidade térmica do sistema C_T (tabela 02) foi calculada a capacidade térmica do calorímetro de $129\text{ J/ } ^\circ\text{C}$ e $168\text{ J/ } ^\circ\text{C}$ para $i=1,4\text{ A}$ e $i=2,0\text{ A}$, respectivamente. Os valores são coerentes pois são positivos e baixos comparados com a capacidade térmica do sistema a diferença entre os dois valores pode ter ocorrido devido à perda de calor que todo equipamento sofre para o meio. Os valores obtidos da capacidade térmica do calorímetro mostra que é possível usar o equipamento para medir outros líquidos, como por exemplo, óleos vegetais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A literatura mostra a importância do uso de experimentos em sala de aula e em laboratórios didáticos de Física, tendo como papel importante a motivação dos alunos. Além de demonstrar tal importância para o ensino este trabalho trouxe uma proposta pelo qual o professor possa criar equipamentos capaz de ser aplicado em sala de aula.

Como de fato era o foco deste trabalho, foi criado um calorímetro em uma garrafa térmica e utilizando materiais como um aquecedor de água (rabo quente), um controlador de corrente (dimmer), um motor, um carregador de celular e um método de aferir temperatura (termógrafo).

O equipamento foi testado de forma a verificar seu funcionamento de um modo geral e em particular como funcionava a taxa de aquecimento do aquecedor o que por sua vez nos possibilitou obter todas as medidas necessárias e assim dizer que o equipamento pode ser utilizado em sala de aula para realização de experimentos.

Com os dados obtidos da capacidade térmica do calorímetro podemos verificar que o equipamento tem um bom desempenho da função e pode ser utilizado para realizar medidas em vários outros líquidos.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério da Educação. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

PARANÁ. **Diretrizes curriculares da Educação Básica: Física**. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. Departamento da Educação Básica. 2008.

GIORDAN, M. **O papel da experimentação no ensino de Ciências**. II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação. Valinhos, 1999.

OLIVEIRA, J. R. S. **Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente**. Acta Scientiae, Canoas. v. 12 n.1. 2010.

VILAÇA, F. N. **Revisão Bibliográfica: A Experimentação no Ensino de Física**. UFSJ (Programa institucional de bolsa de iniciação à docência). São João Del Rei. p.02. 2012.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. S. **Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física. São Paulo. vol. 39, nº 1, e1401. 2017.

HOFFMANN, J. L. **O panorama de uso da experimentação no Ensino da Física em municípios da região Oeste do Paraná: uma análise dos desafios e das possibilidades**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2017.

GOMES, J. L. A. M. C. ; SILVA, A. P. B. ; FORATO, T. C. M. **Temperatura e Teorias sobre a Natureza do Calor: Um projeto de aplicação da História e Filosofia da Ciência ao Ensino de Física**. In: I Congresso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias, VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2011, Campinas. Atas do VIII ENPEC e I CIEC. Rio de Janeiro: ABRAPEC, 2011. v. único. p. 1.

GOMES, J. L. A. M. C.; SILVA, A. P. B.; FORATO, T. C. M. **Conceito de calor: contexto histórico e proposta para sala de aula**. 2013. Dissertação

(Mestrado em Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) - Universidade Estadual da Paraíba.

BARBOSA, R. R. ; BELLINI, J.V. **Desenvolvimento de um Calorímetro Utilizando uma Placa de Prototipagem de Hardware Livre**. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)- Universidade Estadual de Maringá.

SILVA, D.; CARVALHO, A. M. P. **Estudo das trajetórias cognitivas de alunos no ensino da diferenciação dos conceitos de calor e temperatura**. 1995. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MARQUES, N. L. R.; ARAUJO, I. S. **Textos de Apoio ao Professor de Física – Física Térmica**. Programa de Pós- graduação em Ensino de Física. Instituto de Física. UFRGS. V. 20, n 5, 2009.

DIEFENTHÄLE, A. T.; AVI, P. C. **Determinação da curva de resfriamento da água em ampolas de garrafas térmicas**. Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão (ISSN: 2525-4782), v. 1, p. 21, 2017

VISCOVINI, R. C.; FACHIM, C. **Sistema para registro de temperatura para laboratórios didáticos de termodinâmica baseado no arduino uno**. UEM (Programa institucional de bolsas de iniciação científica – PIBIC/CNPq-Fundação Araucária-UEM). Maringá. 2014.

OLIVEIRA, J. P.; PEREIRA, S.; SOUZA, T. I. M. **Uso da Plataforma Arduino no Desenvolvimento de Calorímetro Didático**. In: Congresso Técnico científico da Engenharia e da Agronomia, Foz do Iguaçu. 2016.

AFONSO, J. C. ; PIRES, D. P. L. ; CHAVES, A. B. **A Termometria nos Séculos XIX e XX**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Carlos, v. 28, n.1, p. 101-114, 2006.

PRANDEL, L.V.; SILVA, J. B. **Evolução do Conceito de Temperatura nas Diferentes Abordagens da Física**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Bacharelado em Física) - Universidade Estadual de Ponta Grossa.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamento de Física, volume 3: eletromagnetismo**. 8th ed. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sergio de Biasi. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamento de Física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 8th ed. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sergio de Biasi. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2009.

NUSSENZVEIG, M. **Curso de Física 2: Fluidos, Oscilações e Calor**. 4a ed. Editora Edgard Blücher, 2002.

ANEXO A – PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, “SISTEMA PARA REGISTRO DE TEMPERATURA PARA LABORATÓRIOS DIDÁTICOS DE TERMODINÂMICA BASEADO NO ARDUINO UNO” (VISOVINI; FACHIM, 2014).

Resumo

Na maioria das universidades, e em algumas escolas, são encontrados experimentos de termodinâmica com calorímetros e dilatrômetros. Para mensuração de temperatura, estes experimentos normalmente utilizam termômetros de mercúrio ou termopares acoplados a multímetros digitais. Como estes dispositivos não possuem leituras automáticas o que exigem monitoração constante do experimento. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e testar um sistema para registro de temperatura para laboratórios didáticos de termodinâmica baseado no Arduino Uno.

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre com um microprocessador, suporte de entrada/saída embutido, código aberto e baixo custo. Esta plataforma possuía algumas características muito interessantes tais como: uma interface USB de comunicação com o microcomputador, programação em linguagem C com a possibilidade da alteração da diretamente através da interface de comunicação por meio de um software monitor (bootloader) e barramentos de pino para conectar placas de expansão (shields). Como sensores de temperatura, utilizaremos os chips 18B20, que podem medir temperaturas entre -55°C e $+125^{\circ}\text{C}$, com resolução de $0,06^{\circ}\text{C}$, pequena dimensão e baixo custo.

Introdução

Na maioria das universidades, e em algumas escolas, são encontrados experimentos de termodinâmica com calorímetros e dilatrômetros. Para mensuração de temperatura, estes experimentos normalmente utilizam termômetros de mercúrio ou termopares acoplados a multímetros digitais. Os termômetros de mercúrio feitos de vidro apresentam uma grande desvantagem na sua utilização, pois precisam ser visualmente lidos, o que muitas vezes exigem sua retirada do experimento. Os termopares acoplados a multímetros digitais são mais fáceis de serem lidos, mas apresentam um erro elevado,

normalmente de alguns °C. Como estes dispositivos não possuem leituras automáticas o que exigem monitoração constante do experimento.

Uma opção são os registradores digitais de temperatura, que costumam ser os mais precisos, mas também os de maiores custo, o que limita sua utilização em alguns laboratórios, especialmente em escolas públicas. Estes equipamentos são dotados de uma unidade microprocessadora responsável pela contagem do tempo, medição de temperatura, apresentação do resultado em displays e/ou transferidos para microcomputadores.

Esses dispositivos são desenvolvidos para aplicações muito específicas e um mercado muito restrito, por isso apresenta um custo elevado. Uma opção de menor custo seria utilizar unidades microprocessadoras genéricas que são produzidas aos milhões para aplicações de uso geral, como as plataformas Arduinos. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e testar um sistema para registro de temperatura baseado em placa microprocessadora Arduino Uno.

Objetivos

Este trabalho tem como objetivo desenvolver e testar um sistema para registro de temperatura para laboratórios didáticos de termodinâmica baseado no Arduino Uno.

Materiais e métodos

Primeiramente foi comprado um arduino, um shield LCD e um sensor ds18b20 encapsulado por invólucro de aço inoxidável e um resistor de 4,7k ohms, Então foi feita uma pesquisa sobre a biblioteca utilizada pelo sensor DS18b20 esta foi adicionada a pasta de bibliotecas padrão do arduino.

A biblioteca do shield LCD não foi necessária pois a biblioteca padrão do arduino já a contém, então foi escrito um programa para obtenção, registro e exibição de dados, este foi então compilado e transferido para a placa arduino, o sensor de temperatura foi então soldado no shield LCD na pinagem que se comunica diretamente com a placa arduino, entre o VCC e a entrada digital foi colocado o resistor de 4,7k ohms sendo o resistor de pull-up como pode ser visto na figura 1.

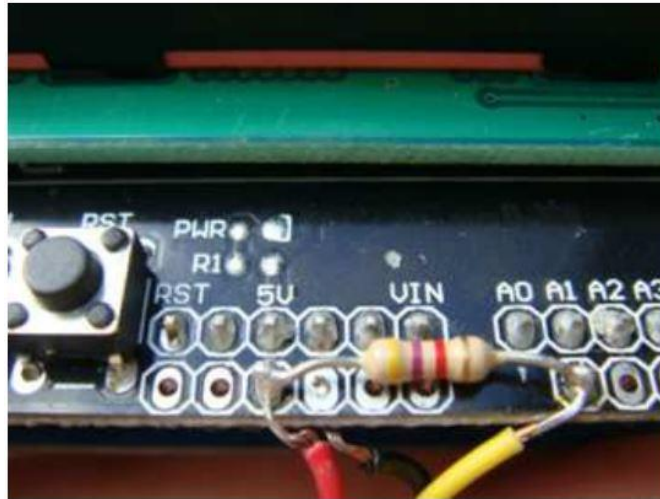


Figura 1: Resistor de pull-up

Resultados e Discussão

O resistor escolhido para pull-up foi o de 4,7k ohms, pois esta resistência mantém a estabilidade do sinal para este tipo de função e o consumo de energia mantém relativamente baixo, como pode também ser visto na figura 1, o sensor está conectado à um pino analógico, no entanto este pino analógico foi reendereçado na programação como entrada digital, afim de facilitar a ligação do sensor e do resistor de pull-up. O próximo passo será adaptar toda a composição do termógrafo (Figura 2) em uma caixa plástica que isole o termógrafo do meio. No entanto tem havido dificuldade em encontrar à venda a caixa ideal para este experimento, terá que ser feita toda adaptação do termógrafo no interior desta caixa, uma das dificuldades que seriam enfrentadas nesta etapa seria modificar a posição do resistor variável presente na shield LCD.



Figura 2: Composição do termógrafo sem a caixa plástica.

Contudo este problema já foi resolvido, o próximo passo seria a aquisição da caixa plástica, no entanto elas são relativamente cara quando comparada com o próprio preço do arduino e a shield LCD. No entanto existem projetos online de caixas plásticas renderizados mostrado na figura 3 e que poderiam ser impressos em PLA ou ABS em uma impressora 3D.



Figura 3: Protótipo virtual da caixa plástica encontrado em <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=184217.0>