



AS PASTILHAS TERMOPAR NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA

AGUINALDO VALDECIR DOS SANTOS

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo sul fluminense, Universidade Federal Fluminense (UFF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Professor Doutor Thadeu Josino Pereira Penna

Volta Redonda – RJ

Agosto 2016

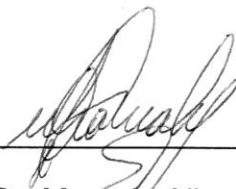
AS PASTILHAS TERMOPAR NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA

AGUINALDO VALDECIR DOS SANTOS

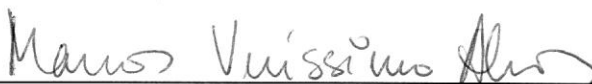
Orientador: Professor Doutor Thadeu Josino Pereira Penna

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


Aprovada por:



Prof. Dr. Marcelo Albano Moret Simões Gonçalves



Prof. Dr. Marcos Veríssimo Alves



Prof. Dr. Thadeu Josino Pereira Penna

Volta Redonda – RJ
Agosto 2016

FICHA CATALOGRÁFICA

S237Santos, Aguinaldo Valdecir dos

As pastilhas termopar nas aulas experimentais de termologia/
Aguinaldo Valdecir dos Santos. – 2016.
106 f.

Orientador: ThadeuJosino Pereira Penna
Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) –
Instituto de Ciências Exatas, Universidade Federal Fluminense, Volta
Redonda, 2016.

1. Ensino de física. 2. Termologia. I. Universidade Federal Fluminense.
II. Penna, ThadeuJosino Pereira, orientador. III. Título

CDD 530.07

À memória de minhas mães,
Sebastiana e Vitória,
sem as quais eu jamais seria quem eu sou.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Doutor Marco Antônio Moreira, à Sociedade Brasileira de Física (SBF) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), por tornarem concreto o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), permitindo que centenas de professores se tornem mestres e levem para as salas de aulas novas metodologias para melhorar o ensino nacional;

Ao Professor Doutor Thadeu Josino Pereira Penna e à Universidade Federal Fluminense (UFF), por terem aceitado o desafio e trazido até nós, professores da região, essa possibilidade de evolução;

Aos professores do Instituto de Ciências Exatas da UFF (ICEx) e a todos do polo sul fluminense envolvidos no programa, que nos recebeu com tanto profissionalismo e comprometimento, ajudando-nos a crescer como profissionais e indivíduos, aos quais nutro uma grande estima e admiração;

A todos os colegas mestrandos, ao compartilharmos medos e alegrias nos tornamos amigos, os irmãos que cresceram em lares diferentes, somamos nossos sonhos para superarmos juntos as dificuldades da caminhada;

À minha família, comigo sempre, até nos instantes de desespero e desânimo, incentivando-me a continuar quando a vontade era de desistir;

A todos com quem tive o privilégio de caminhar lado a lado por essa sinuosa trilha do mestrado, cada um, mesmo que indiretamente, colaborou de algum modo;

Ao Divino Mistério, que tem tantos nomes, inclusive o Nada e o Ninguém, mas preenche nossa fantasia e realidade com os sonhos que nos fazem querer melhorar sempre.

“Artistas,
atletas, músicos, cirurgiões e profissionais
de mil outras áreas só atingem a grandeza
por meio de sua atenção aos detalhes da
técnica que utilizam.”

(Doug Lemov)

RESUMO

AS PASTILHAS TERMOPAR NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA

AGUINALDO VALDECIR DOS SANTOS

Orientador:

Professor Doutor Thadeu Josino Pereira Penna

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo sul fluminense, Universidade Federal Fluminense (UFF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em ensino de Física.

Diante da situação atual da educação brasileira, principalmente na área das ciências naturais e suas tecnologias, mais pontualmente em física, é inquestionável a necessidade de novas abordagens, novas práticas capazes de levar a uma potencial aprendizagem significativa. Neste trabalho, após discutir a atual crise na educação e o aparecimento de novas metodologias, enfatizamos a importância da experimentação no ensino de física e como essa prática é justificada pela teoria sócio-histórica de Vygotsck. Em seguida, sugerimos como inovação, o uso das pastilhas termopar nas atividades experimentais de termologia, que além de tornarem esses experimentos mais seguros e baratos, ainda torna conhecido um dispositivo presente em diversos aparelhos de nosso dia a dia, como bebedouros, por exemplo; permitindo também o aprofundamento em vários conceitos de termologia e eletricidade, a partir do conhecimento de um efeito já conhecido desde o século XIX, mas ainda ignorado pela maioria dos professores de física. Após apresentar as pastilhas e descrever umas práticas que foram muito bem sucedidas, deixaremos uma apostila para auxiliar os professores que resolvam utilizá-las.

Palavras-chave: Ensino de Física. Experimentos de termologia. Peltier-Seebeck.

Volta Redonda – RJ

Agosto 2016

ABSTRACT

TERMOCOUPLES IN EXPERIMENTAL CLASSESTHERMOLOGY

AGUINALDO VALDECIR DOS SANTOS

Advisor:

Professor Doctor ThadeuJosino Pereira Penna

Master's dissertation presented to Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), South pole Rio, Universidade Federal Fluminense (UFF) as part of the requirements for obtaining a master's degree in Teaching of Physics.

Due to current situation of Brazilian education in Natural Sciences area and their Technologies, more punctually in physics, it is unquestionable the need for new approaches, new practices able to lead to a true meaningful learning. In this work, after discussing their current crisis in education and the emergence of new methodologies, emphasizes the importance of experimentation in teaching of physics and how this practice is justified by the theory of the Vygotsky. And then I suggest as innovation the use of thermocouples in thermology experimental activities, which in addition make these experiments safer and cheaper and still, becomes a known device present in various devices in our daily life like water fountains, for example; also allowing the deepening in various concepts from thermology and electricity, from the knowledge of an effect that has been known since the nineteenth century, but still ignored by most physics teachers. After presenting the thermocouples and describe their practices were very successful, I leave a handout to support teachers who want to use them.

Keywords: Physics Teaching. Thermology experiments. Peltier-Seebeck.

Volta Redonda – RJ

August 2016

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	iv
AGRADECIMENTOS	v
EPÍGRAFE	vi
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 O ensino brasileiro	11
1.2 As atividades experimentais	13
1.3 A teoria de Vygotsck	14
2 A TERMOELETRICIDADE	17
2.1 O efeito Peltier-Sebeck	18
2.2 As pastilhas termopar	19
2.3 Análise das pastilhas termopar para uso didático	21
2.3.1 Análise das pastilhas	22
3 APLICAÇÕES E RESULTADOS	29
3.1 A escola	30
3.2 As aulas	31
3.2.1 Aplicação na 1ª série	31
3.2.1.1 Resultados da aplicação na 1ª série	33
3.2.2 Aplicação na 3ª série	36
3.2.2.1 Levantamento dos subsunçores	37
3.2.2.2 Socialização das respostas	38
3.2.2.3 resumo dos conceitos básicos de termologia	38
3.2.2.4 Apresentação dos módulos de Peltier	39
3.2.2.5 A Atividade prática	40
3.2.2.6 Resultados da aplicação na 3ª série	42
3.2.2.6.1 Os subsunçores	42
3.2.2.6.2 A socialização	44
3.2.2.6.3 A prática	45
3.2.2.7 Prática discursiva	49
4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	54

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
6 APÊNDICES	
6.1 Gráficos da temperatura versus tempo obtidos por mim	59
6.2 Levantamento dos subsunçores	65
6.3 Slides da revisão sobre os conceitos básicos de Termologia	66
6.4 Slide usado para apresentar os módulos de peltier	67
6.5 Roteiro da aula experimental	68
6.6 Avaliação da aula pelos alunos	71
6.7 O produto: Apostila	72
7 ANEXOS	
7.1 Relatório do aluno da 1ª série	98
7.2 Gráficos dos grupos das 3 ^{as} séries	100
7.3 Verificação final - aluno I	101
7.4 Verificação final - aluno II	103
7.5 Verificação final - aluno III	104
7.6 Verificação final - aluno IV	105
7.7 Verificação final - aluno V	106

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo chamaremos a atenção para a atual situação do ensino no país, defendendo a necessidade de novas abordagens pedagógicas, novas metodologias que realmente conduzam a uma aprendizagem significativa.

Apresentaremos a experimentação como uma possibilidade de prática para qualquer proposta pedagógica adotada, principalmente para as propostas sociointeracionais, dissertando como essa prática é justificada pela teoria de ensino aprendizagem de Vygotsky .

1.1 O ENSINO BRASILEIRO

São muitos os fatores que nos levam a acreditar que a educação brasileira merece uma atenção especial.

Tomemos como referencial concreto a avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos em mais de 65 países, o PISA, Programme for International Student Assessment; desenvolvido e coordenado pela OCDE, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico; e coordenado no Brasil pelo Inep, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Nele o Brasil nunca foi destaque, sempre esteve nas últimas colocações; a melhora observada nos últimos anos ainda está muito abaixo da média esperada e na área de Ciências ocorre uma estagnação.

	Pisa 2000	Pisa 2003	Pisa 2006	Pisa 2009	Pisa 2012
Participantes	4.893	4.452	9.295	20.127	18.589
Leitura	396	403	393	412	410
Matemática	334	356	370	386	391
Ciências	375	390	390	405	405
Média das áreas	368	383	384	401	402
Média OCDE ³	500	497	497	500	498

Figura 1.1: Médias do Brasil no exame PISA

[Fonte: Disponível em:

<http://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2014/relatorio_nacional_pisa_2012_resultados_brasileiros.pdf.> Acesso em: 24 jul 2015]

Sua análise nos revela que não estamos alcançando os objetivos do ensino de ciências, que segundo os teóricos da educação é promover a alfabetização científica.

“[...] promover condições para que os alunos, além das culturas religiosa, social e histórica que carregam consigo, possam também fazer parte de uma cultura em que as noções, idéias e conceitos científicos são parte de seu corpus. Deste modo, seriam capazes de participar das discussões desta cultura, obtendo informações e fazendo-se comunicar.” (SASSERON, PESSOA DE CARVALHO, 2011, p. 2)

É indiscutível que a falta de alfabetização científica é muito nociva a toda comunidade, trazendo problemas nas áreas da saúde, segurança e, principalmente no desenvolvimento tecnológico e econômico. Isso já fora percebido há muito tempo; já em 1920, quando intelectuais e educadores que acreditavam ser possível transformar o país pela educação, lançaram o “Movimento Renovador”, que defendia “[...] o incremento da física tendo em vista a perspectiva de industrialização [...] e o fortalecimento de uma tecnologia nacional que tirasse o país do subdesenvolvimento”. (AFONSO, CHAVES, 2015, p. 5-6).

Mas a falta de alfabetização científica no país não deveria ser tão alta assim, pois:

“Recentemente (2/5/2007) [sic] foi apresentada na Fundação Oswaldo Cruz uma pesquisa de percepção pública da ciência e tecnologia, realizada pelo Ministério de Ciências e Tecnologia e pelo Museu Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz em parceria com a Academia Brasileira de Ciências e outros órgãos internacionais. Os resultados indicavam que assuntos como Ciências e Tecnologia interessam mais a população brasileira do que política ou moda, por exemplo, e quase o mesmo que esportes.” (PESSOA DE CARVALHO, 2007, p. 3)

Os brasileiros querem aprender, os professores querem ensinar, então por que não estamos conseguindo elevar nosso nível de alfabetização científica?

A resposta veio na mesma pesquisa citada anteriormente: “[...] 37% dos entrevistados disseram não se interessar por Ciências e tecnologia porque não entendem do assunto” (op. cit., p. 3).

Sabemos que existem diversas variáveis envolvidas nesse problema: péssimas estruturas físicas e falta de equipamentos na maioria das escolas, tempo de aula muito curto, excesso de alunos nas classes, falta de tempo extra-classe, professores com excesso de aulas, entre outras (BERGOLD, RUIZ, 2005, p. 2).

Parece que as soluções para os problemas do ensino no Brasil são bem conhecidas. Além disso, é imprescindível uma alteração na metodologia dominante, é preciso que os professores inovem em suas práticas, tenham mais autonomia para escolherem as melhores propostas pedagógicas para aplicar aos alunos com quem trabalha, é preciso:

“Produzir no conhecimento das crianças o conhecimento não dos nomes das coisas, não do que se diz delas, mas dos fenômenos e obras da natureza, tais quais se revelam imediatamente aos olhos dos alunos, desenvolver as faculdades de observação, de assimilação, de invenção, de produção, formar o juízo, a independência de espírito [...] estabelecer o ensino experimental que fecunda os ‘órgãos do pensamento’, organizar a inteligência e não mobiliar a memória [...], eis o plano, o alvo da instrução científica [...]... na escola popular”.(RUI BARBOSA¹, 1922 apud AFONSO, CHAVES, 2015, p. 9)

É preciso que o ensino de ciências abandone seu formalismo excessivo, todo um acúmulo de informações descontextualizadas e excesso de operacionalismo, priorizando o desenvolvimento de habilidades e competências científicas, além do conteúdo conceitual básico (ALMEIDA, SASSERON, 2013, p. 1188)

1.2 AS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As atividades experimentais podem e devem ser exploradas nas mais diversas propostas pedagógicas, e têm potencial para acelerar a alfabetização científica. Por isso foi uma das propostas do Movimento Renovador do início do século e continua, até hoje, sendo muito defendida por quase todos os que trabalham com educação: “Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, em geral acreditam que a melhoria do

¹Prefácio do volume II da obra *Problemas Práticos de Physica Elementar*, de H. L. Silva, adotada pela Diretoria Geral de Instrução Pública do Distrito Federal em 22/04/1916, e pela Secretaria Geral do Estado do Rio em 21/11/1923.

ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo.” (BORGES, 2002, p. 294)

Essas atividades podem ser apenas demonstrativas, investigativas, podem, segundo Tarcísio Borges (2002, p. 306), apresentar diversos graus de liberdade:

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Figura 1.2: Graus de liberdade para as atividades experimentais
[Fonte: (BORGES, 2002, p. 306)]

Segundo Tarcísio Borges (2002), com elas pode-se verificar e/ou comprovar leis e teorias científicas, ensinar o método científico, facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos e ensinar habilidades práticas.

Mas não podemos ignorar que “sem teoria não pode haver experiência porque não há o que se observar.” (GASPAR, 1994).

As atividades práticas na maioria das vezes são em grupos, o que pode aumentar a interação social, a necessidade de que o aluno se expresse através de uma linguagem conhecida pelo grupo. Isso só é possível com o domínio de alguns instrumentos e signos, que faz com que essas atividades sejam muito indicadas para propostas pedagógicas inspiradas na teoria sócio histórica de Vygotsky.

1.3 A TEORIA DE VYGOTSKY

Não pretendemos detalhar muito a teoria sócio-histórica de Vygotsky, mas apenas apresentar seus principais conceitos, justificando a importância das aulas experimentais sob seu enfoque.

Vygotsky defende que “o desenvolvimento cognitivo não ocorre independente do contexto social, histórico e cultural” (MOREIRA, 2013, p. 107).

Os processos sociais formam um dos pilares de sua teoria.

Essa ênfase que Vygotsky dá ao contexto social é claramente inspirada no marxismo, afinal ele viveu no momento histórico da Revolução Bolchevique; ele nasceu em 1896 em Orsha, na Bielorrússia, e morreu em 1934, em Moscou.

Para ele, as interações sociais implicam no relacionamento entre os indivíduos, o que só pode ocorrer através do uso de instrumentos e signos, cujas origens são sociais. Esses signos (linguagem, escrita, os números, etc) e instrumentos são criados pela sociedade e passam por mudanças ao longo da história, transformando as relações sociais e influenciando no desenvolvimento cultural (GASPAR, 1994)

Entende-se por instrumento como “algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa” (MOREIRA, 2013, p.109). É o uso desses instrumentos e signos que distingue o homem dos animais, tornando-nos capazes de dominar a natureza.

O desenvolvimento humano só ocorre com a internalização desses signos, cujos significados devem ser compartilhados socialmente. O sistema de signo mais importante é a linguagem,

Esse desenvolvimento intelectual pode ser mais acelerado ou lento, conforme a relação entre a raiz ontogenética, vinculada ao indivíduo, e a filogenética, vinculada ao universo cultural (GASPAR, 1994). Se maximiza se ocorrer na zona de desenvolvimento proximal, que corresponde a distância entre o que o indivíduo pode fazer sozinho e o que ele só pode fazer com a orientação de outros. Nesta zona de desenvolvimento proximal a imitação corresponde ao início do crescimento, pois num grupo, o mais novo tende a reproduzir as atitudes dos mais experientes. Assim, a imitação é entendida como uma internalização do que é observado externamente e é relevante para o grupo social.

Vygotsky define dois tipos de conceitos, o espontâneo, que é adquirido inconscientemente nas experiências do dia a dia; e o científico, adquirido formalmente.

“O desenvolvimento cognitivo de um conceito científico se inicia conscientemente, a partir de sua definição verbal e aplicações a situações artificiais, não espontâneas, e se consolida quando pode ser aplicado a situações concretas. Os conceitos espontâneos, por sua vez, são adquiridos pela criança de forma não consciente, a partir da realidade concreta, e ela só será capaz de defini-los em palavras e operar mentalmente com eles muito tempo depois de sua aquisição (GASPAR, 1994)

Podemos perceber que as atividades experimentais ganham uma grande importância na teoria de Vygotsky, pois podem ser momentos de intensa interação social, onde indivíduos de mesmas zonas de desenvolvimento proximal utilizam de vários instrumentos e signos para solucionar seus problemas, necessitando do domínio da linguagem para alcançarem seus objetivos.

“[...] no entanto, dois aspectos pertinentes às atividades experimentais devem ser destacados: a relação entre conceitos espontâneos e científicos e a imitação” (GASPAR, 1994). Note que a importância dos conhecimentos prévios é citada por vários pensadores das teorias de ensino e aprendizagem, que nos aconselham partir deles para desenvolver o conhecimento científico.

“Em relação à imitação, o aluno, através de uma atividade experimental, pode reproduzir, refazer ou simular os passos de um físico experimental, aprendendo não apenas o conteúdo da atividade mas, principalmente, como trabalhar experimentalmente” (op. cit.)

Portanto as aulas experimentais, defendidas por tantos pensadores, tão difíceis de serem realizadas devido a diversos fatores que já foram citados e a outros que, aqui e agora não é pertinente serem comentados, devem ser implantadas, devem fazer partes da rotina das aulas de Ciências, pois trazem um potencial de crescimento cognitivo e social enorme.

2 A TERMOELETRICIDADE

A termoeletricidade estuda as relações entre as propriedades elétricas e térmicas dos materiais, visando, além do puro entendimento de diversos fenômenos, como o aumento da resistência elétrica com o aumento da temperatura, por exemplo, também criar dispositivos capazes de medir temperaturas com maior precisão e técnicas diferenciadas; desenvolver fontes de calor, sólidas, pequenas e de fácil manuseio, que permitam aquecer ou resfriar equipamentos diversos.

A termoeletricidade é um conjunto de conhecimentos essenciais para o desenvolvimento de cerâmicas supercondutoras, geração de eletricidade a partir da energia solar, maior controle de temperatura nos processos industriais, pequenas refrigerações, entre outras.

Nos efeitos termoelétricos, as energias térmicas e elétricas podem ser convertidas de uma forma para a outra.

Se as junções entre dois metais ou semicondutores forem expostas a temperaturas diferentes, quatro fenômenos ocorrem simultaneamente: o efeito Seebeck, o efeito Peltier, o efeito Thomson e o efeito Volta.

O fenômeno termoelétrico foi descoberto por T. J. Seebeck em 1821, que conseguiu fazer circular uma corrente elétrica em um circuito fechado, formado por dois condutores metálicos diferentes, ao submeter suas junções à temperaturas diferentes.

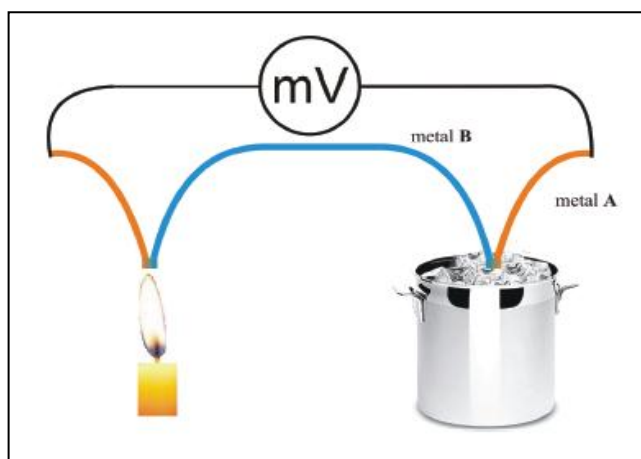


Figura 2.1: O efeito Seebeck

[Fonte: <http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf> Acesso em julho de 2016]

Em 1834, Jean Charles Athanase Peltier, descobre um efeito inverso ao efeito Seebeck, ou seja, ao fazer uma corrente elétrica circular num circuito formado por condutores diferentes, surge em suas junções um gradiente de temperatura.

William Thomson, em 1854, descobre que num par termoelétrico, além do efeito Joule nos condutores devido à corrente elétrica, surge uma variação adicional de temperatura.

O efeito Volta afirma que “quando dois metais estão em contato a um equilíbrio térmico e elétrico, existe entre eles uma diferença de potencial que pode ser da ordem de volts.” (edtec-Termopares)

Para esse nosso trabalho, os efeitos Seebeck e Peltier são os mais relevantes, por isso devem ser entendidos melhores.

2.1 O EFEITO PELTIER-SEEBECK

Como apresenta muito bem KAKIMOTO (2013):

“Denominamos por efeito Seebeck a geração de eletricidade a partir da diferença de temperaturas. O efeito inverso, ou seja, a geração de diferença de temperatura a partir de eletricidade é denominado efeito Peltier. É usual aos livros científicos se referirem a ambos os efeitos como duas faces de um mesmo fenômeno denominado de efeito Peltier-Seebeck.”

Os efeitos termoelétricos ocorrem pelo fato dos elétrons livres de cada condutor, do par termoelétrico, variarem seus deslocamentos em função da temperatura de modos diferentes. Isso faz com que a difusão dos elétrons nas junções ocorra em ritmos diferentes.

“A pesquisa na produção de materiais para aplicação termoelétrica avança rapidamente, principalmente na busca de materiais com maiores eficiências térmicas [...] têm dominado [...] as ligas de Telúrio (Bi_2Te_3 e Sb_2Te_3).” (Univasf-José Américo)

“Os avanços nas ciências dos materiais, trazidos pela revolução dos semicondutores, permitiu que efeitos térmicos conhecidos desde século XIX se tornassem viáveis tecnologicamente. Uma dessas revoluções foi a transformação do Efeito Peltier em dispositivos para uso cotidiano.” (op. cit.)

O Professor José Américo, na citação anterior, está se referindo aos módulos de Peltier, também chamadas no Brasil de pastilhas termopar.

2.2 AS PASTILHAS TERMOPAR

Um elemento termopar consiste na junção de dois fios de ligas metálicas, de diferentes materiais. Portanto é fácil de ser montado, basta escolher corretamente as ligas, o que pode ser pesquisado na norma NBR 12771, que traz muitas outras informações importantes sobre esses elementos.

Letra de código	Termoelemento	
	Positivo	Negativo
R	Platina - 13% ródio	Platina
S	Platina - 10% ródio	Platina
B	Platina - 30% ródio	Platina - 6% ródio
J	Ferro	Cobre-níquel
T	Cobre	Cobre-níquel
E	Níquel-cromo	Cobre-níquel
K	Níquel-cromo	Níquel-manganês-silício-alumínio
N	Níquel-cromo-silício	Níquel-silício

Figura 2.2: Designação dos tipos de Termopar

[Fonte: Disponível em: <<http://www.boxindustrial.com.br/wp-content/uploads/2015/08/NBR-12771-Termopares-Tabelas-De-Referencia.pdf>> Acesso em julho de 2016]

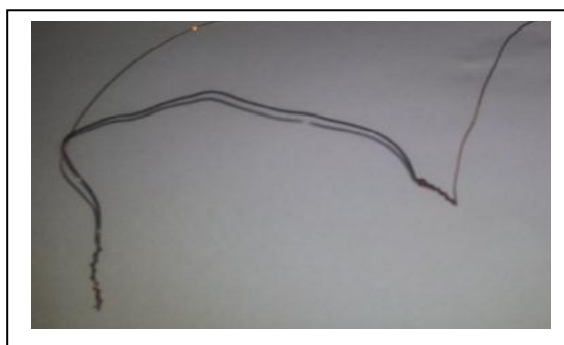


Figura 2.3: Termopar feito de cobre e arame

[Fonte: KAKIMOTO, 2013, p. 8]

Com o desenvolvimento dos semicondutores, hoje estão disponíveis no mercado diversos elementos termopares, também chamados de módulos Peltier ou pastilhas termoelétricas.

Esses módulos estão sendo cada vez mais utilizados, principalmente nos setores de consumo, automotivo, industrial e militar, pois podem operar como bombas de calor, apresentando diversas vantagens: “a ausência de peças móveis, gás freon, barulho e vibração; além do tamanho reduzido, alta durabilidade e precisão.” (Peltier, 2016)

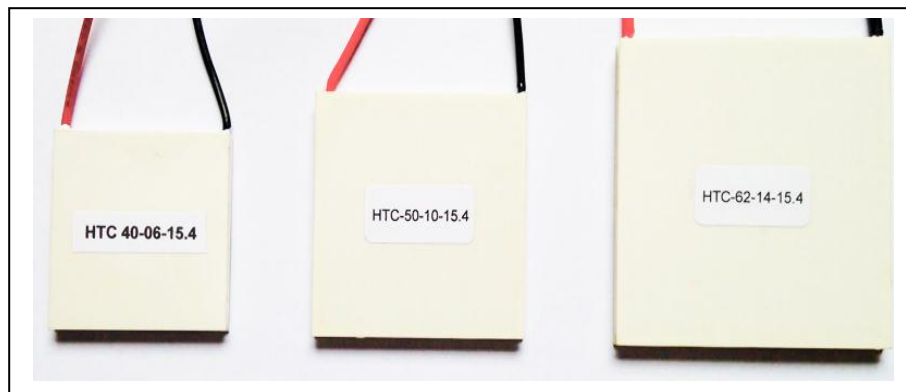
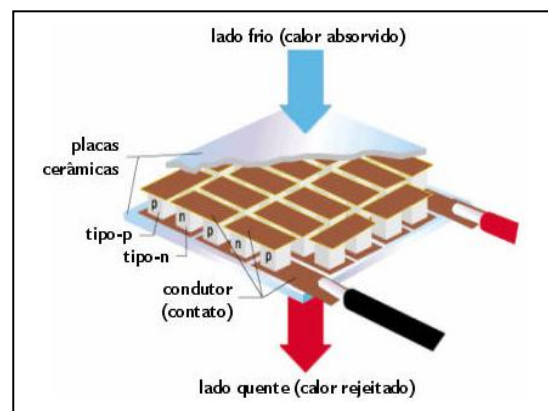
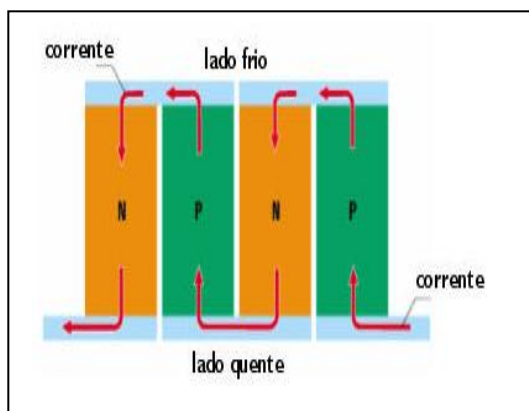


Figura 2.4: Módulos de Peltier comerciais

[Fonte: Disponível em:<<http://www.peltier.com.br>> Acesso em julho de 2015]

“[...] consiste num arranjo de pequenos blocos de telureto de bismuto – Bi_2Te_3 dopados tipo N e tipo P, montados alternadamente e eletricamente em série entre duas placas cerâmicas de boa condutividade térmica. Este arranjo faz com que todos os termoelementos bombeiem calor na mesma direção – termicamente em paralelo.” (Univasf-JoséAmérico)



Figuras 2.5 e 2.6: Esquema do funcionamento dos módulos de Peltier comerciais

[Fonte: Disponível em:<<http://www.peltier.com.br>> Acesso em julho de 2015]

Além das informações existentes na norma NBR 12771, as empresas que comercializam esse produto também dispõem para a comunidade interessada, além de informações na internet, até treinamentos específicos. Existe também um número considerável de trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses, artigos científicos sobre o assunto, ou seja, existe muita informação disponível para aqueles que querem inovar suas aulas, levando esses módulos para a classe, que além das inúmeras vantagens já citadas, ainda tornam as aulas mais seguras e limpas.

2.3 ANÁLISE DA PASTILHA TERMOPAR PARA USO DIDÁTICO

Existe muita informação fácil e disponível sobre o efeito Peltier-Seebeck e o funcionamento e aplicações das pastilhas termopar; sendo tais pastilhas muito usadas na elaboração de vários artigos, dissertações e teses satisfatoriamente [Peltier 2016]; mas não há informações sobre seu uso em experimentos de termologia na educação básica; ignorando, assim, mais uma possibilidade, uma sugestão de fonte de calor, ao lado dos famosos bicos de Bunsen, fogareiros e “rabos quentes”.

Considerando que a maioria das escolas brasileiras não tem laboratório e os professores dedicados improvisam aulas experimentais nas próprias salas, desprovidas de água corrente, extintores e outros itens de segurança; o uso dos módulos Peltier, pequenos e leves, que são bens duráveis, que tornam desnecessário a manipulação de gás, querosene, gelo, além de facilitar as atividades práticas ainda representa um aumento na segurança.

Para identificar e sanar possíveis deficiências no uso didático dessas pastilhas, verificando em que experimentos de aquecimento ela seria viável e quais suas limitações, resolvemos gerar o gráfico temperatura versus tempo para o aquecimento de uma massa de água, para várias tensões diferentes, calculando o calor específico e obtendo a curva de aquecimento para a amostra.

Primeiramente fizemos o experimento sozinhos, o orientador e eu, para depois indicá-los a um grupo de alunos, seguindo a sugestão de Molki e Baba (2014): “Perhaps science educators may find these short comings to be useful tasks that can be assigned to students as part of their experiment or Project”, o

que pode permitir uma aprendizagem potencialmente significativa através de uma metodologia ativa, baseada na experimentação.

2.3.1 ANÁLISE DAS PASTILHAS

Conseguí a autorização da direção e coordenação do colégio, onde planejava aplicar as atividades, para que fora do horário de meu expediente eu pudesse realizar os experimentos.

Equipamentos usados:

- Pastilha termopar (módulo de Peltier) modelo TEC1-12706,
- Fonte variável de tensão,
- Multímetro,
- Balança digital,
- Becker,
- Termômetro,
- Cronômetro.

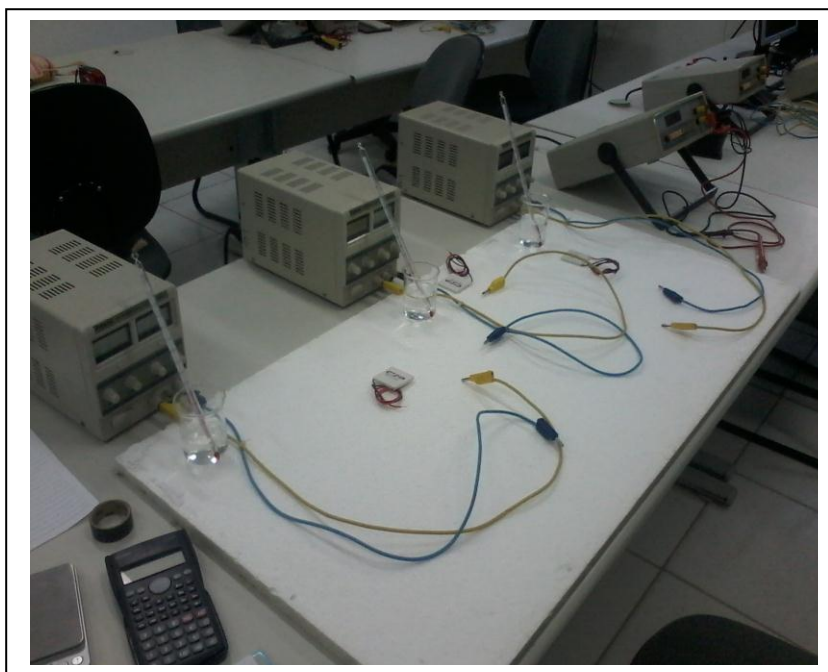


Figura 2.7: Materiais usados
[Fonte: próprio autor]

Coloquei no becker uma certa massa de água, verifiquei na balança seu valor; coloquei dentro do becker um termômetro, esse conjunto foi colocado sobre a superfície quente da pastilha termopar; esta foi ligada à fonte.

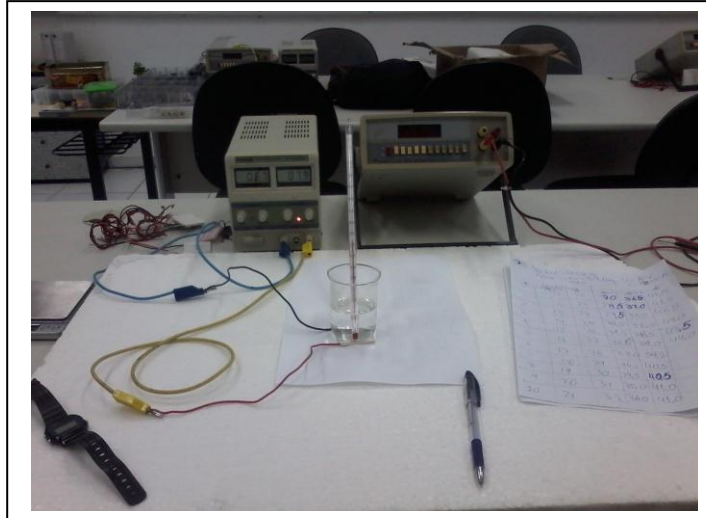


Figura 2.8: Foto da montagem
[Fonte: próprio autor]

Medi a temperatura inicial, fixei a tensão, verifiquei o valor da corrente elétrica inicial, pois à medida que varia a temperatura varia também a resistência da pastilha; como a fonte é projetada para manter uma tensão estável, o valor da corrente também varia. Depois fui anotando os valores das temperaturas para certos intervalos de tempo e obtive o gráfico de temperatura versus tempo para 4,0 V, 5,0 V, 6,0 V, 8,0 V, 9,0 V, 10 V e 11 V.

Todos esses gráficos e tabelas estão disponíveis no apêndice 6.1. Para não tornar o texto dessa dissertação muito extenso, abaixo estão apenas dois deles, o de 4,0 V e 11 V:

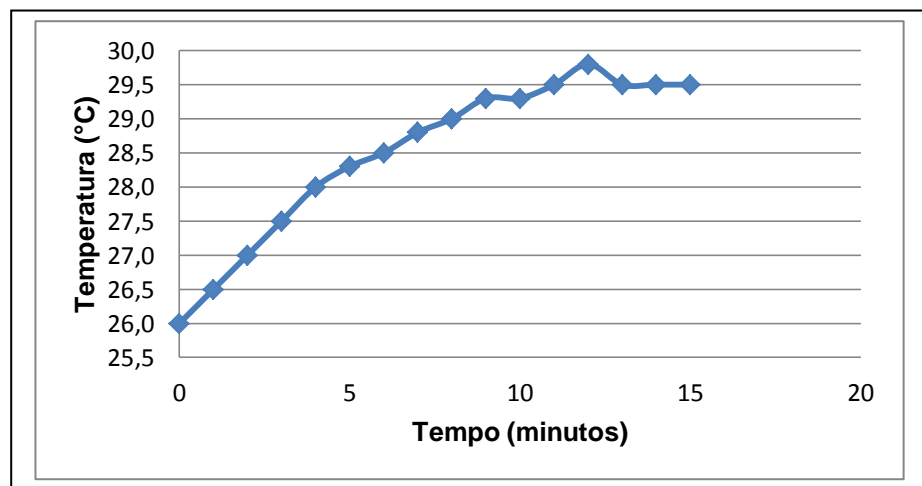


Figura 2.9: Gráfico para 4,0 V
[Fonte: próprio autor]

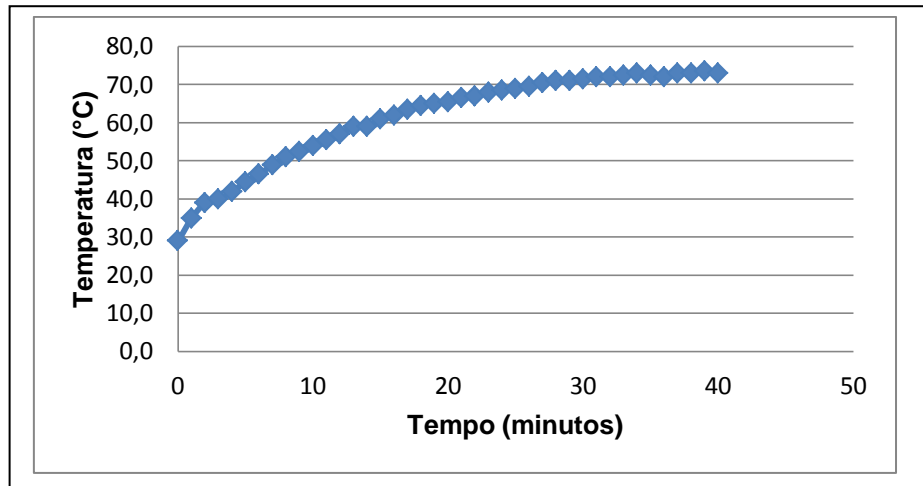


Figura 2.10: Gráfico para 11 V
 [Fonte: próprio autor]

Em seguida estão todas as curvas obtidas, para todos os valores de tensões medidos. A discrepância nas curvas, temperaturas finais maiores para 9,0 V do que 10,0 V, por exemplo, talvez se deva ao fato de termos usados pastilhas termopar diferentes, pois usamos um módulo Peltier para as tensões de 4,0 V, 5,0 V, 6,0 V e 9,0 V e outro módulo Peltier para 8,0 V, 10,0 V e 11,0 V. Além disso, também usamos fontes diferentes para as duas pastilhas.

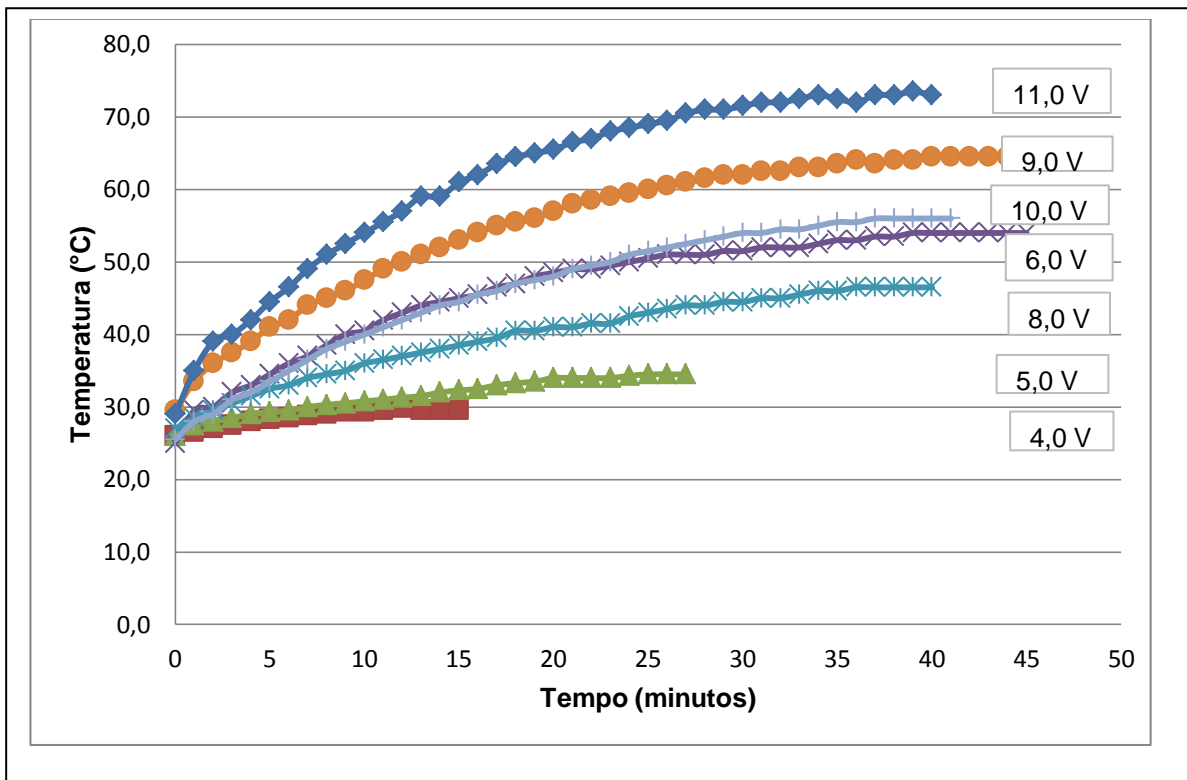


Gráfico 2.11: Temperatura versus tempo para todas as tensões medidas
 [Fonte: próprio autor]

Primeiramente resolvemos usar esses dados para encontrar o calor específico da água, tabelado oficialmente em 1 cal/g (°C); foi quando começamos a perceber algo inesperado.

Sabendo que:

$$P = i \cdot V$$

Onde:

P = Potência

i = Intensidade da corrente elétrica

V = Tensão

Podemos calcular a potência média transferida em certo intervalo de tempo. Lembremos que potência tem a mesma unidade que fluxo de calor, joule/segundo.

Tendo potência e intervalo de tempo, podemos calcular a quantidade de calor fornecida pela pastilha no respectivo intervalo de tempo, usando:

$$P = \frac{Q}{\Delta t}$$

Onde:

P = Potência

Q = Calor trocado

Δt = Intervalo de tempo

Considerando que 1caloria \approx 4,2 J, encontramos o valor de Q em calorias

Usando a equação fundamental da calorimetria:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Onde:

Q = Calor trocado

m = Massa da amostra

ΔT = Intervalo de temperatura

c = calor específico da substância

Sabendo a variação da temperatura para o intervalo de tempo considerado, calculamos o calor específico da substância.

Fizemos este cálculo para todas as tensões e verificamos que, para intervalos de tempo pequenos, cerca de 10 minutos, encontramos um resultado bem próximo do valor tabelado, mas para intervalos de tempo grandes o valor difere muito do esperado. Por quê?

Embora o sistema não estivesse perfeitamente isolado, o valor calculado para intervalos de tempo grandes levava a erros superiores a 100%. Por exemplo, para a tensão de 11 V, se considerarmos apenas 10 minutos, calcula-se um calor específico de 1,2 cal/g(°C), um erro aceitável diante das condições de isolamento, mas para 40 minutos o cálculo nos levava a 2,8 cal/g(°C).

Foi quando descobrimos o artigo do Prof.Dr. Fernando Lang [CREF-Curvas reais de aquecimento da água-2014]:

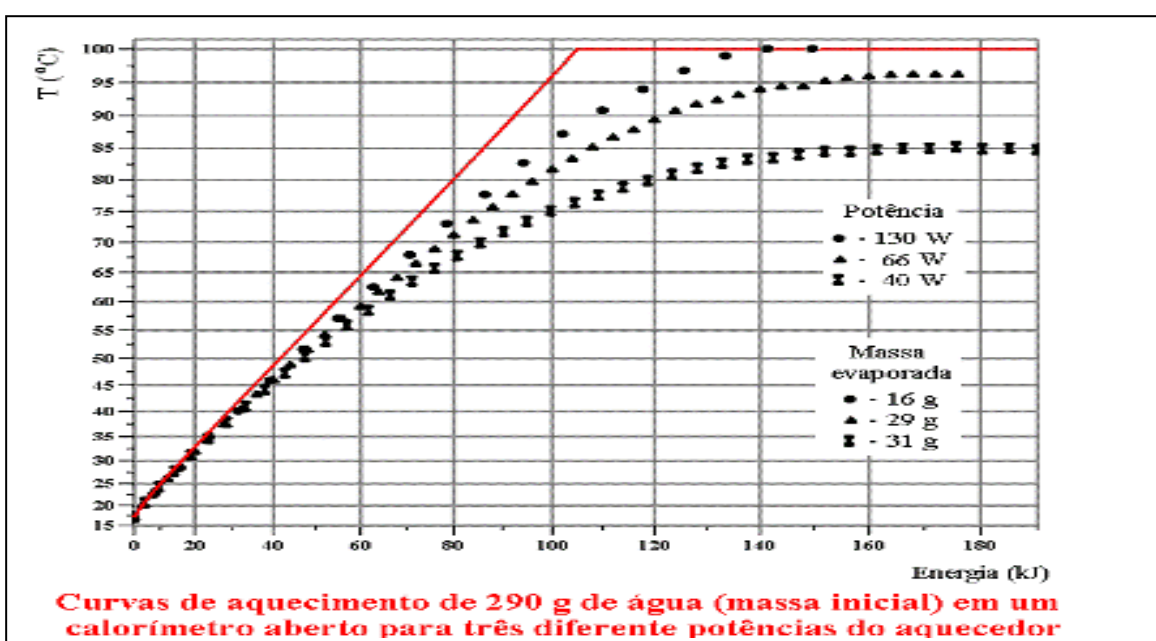


Gráfico 2.12: Curvas de aquecimento obtidas pelo Pesquisador Fernando Lang
[Fonte: Disponível em:<www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=689> Acesso em maio de 2015]

“[...] fica evidenciado que a evaporação NÃO pode ser desprezada [...]. Certamente as perdas por evaporação serão menores quanto maior for a taxa de transferência de energia para a água [...]. Ou seja, a curva vermelha será melhor aproximada por uma curva real quando se diminuir o tempo de aquecimento e/ou se diminuir as perdas por evaporação”. (op. cit.)

A curva vermelha a que ele se refere se trata das curvas apresentadas em todos os livros didáticos, em que se considera uma situação idealizada, o sistema totalmente isolado, desprezando-se totalmente a troca de calor com o meio, ou seja, ignora-se a perda de massa de água por evaporação.

Apesar de termos usados grandezas diferentes, temperaturas por tempo, se considerarmos que a taxa de troca de energia é constante, as curvas obtidas por nós ficam bem parecidas com as que ele obteve, e por isso podemos aceitar que a explicação para o que fora observado anteriormente, o erro grosseiro no cálculo do calor específico para intervalos longos de tempo, deve-se à evaporação da água, pois também fizemos o experimento num sistema aberto.

Resolvemos fazer um estudo mais detalhado dos dados obtidos, através de ajustes no gráfico, encontrando a curva de tendência e o R^2 , coeficiente de determinação, pois ficamos interessados em saber qual a confiabilidade das medidas.

Foi quando chegamos a outra descoberta inesperada.

Sendo as curvas exponenciais, não podíamos ter certeza de qual seria o valor limite, a não ser se usássemos um intervalo de tempo muito grande. Por isso encontramos a curva Temperatura final menos a temperatura inicial versus tempo [$\Delta T = f(t)$]; transformamos numa reta, colocando o eixo das ordenadas na escala logarítmica; pois assim ela tenderia a zero. Em seguida obtivemos a linha de tendência, a equação da curva e o coeficiente de determinação.

Mostraremos esse ajuste no gráfico traçado para a tensão de 11 V, estimando como temperatura final 75,8 °C, pois este valor permitiu uma boa reta.

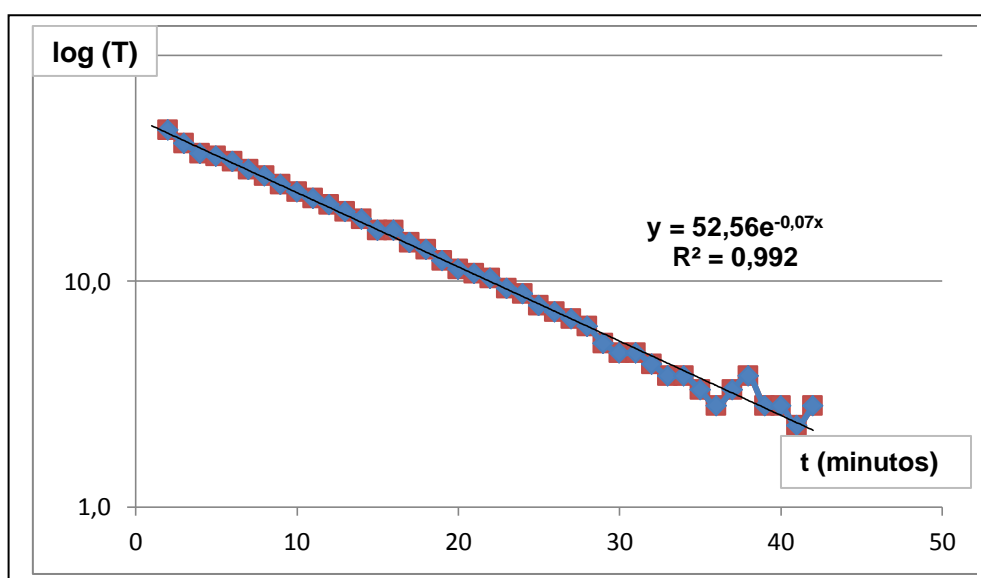


Gráfico 2.13: Ajustes no gráfico temperatura versus tempo para a tensão de 11 V
[Fonte: próprio autor]

Note que o coeficiente de determinação nos indica uma confiabilidade de 99%.

É bem provável que esta confiabilidade não se aplique a todos os gráficos, pois erros de medidas são possíveis, mas o resultado obtido nesta curva e em outras nos garante que as atividades foram realizadas com bastante zelo, fazendo a descrição matemática do fenômeno ser bastante coerente com o observado.

A forma da função da curva nos lembrou da Lei de resfriamento de Newton, algo que não esperávamos, mas que faz sentido, pois ao fazer os ajustes no gráfico, obtemos a variação da temperatura do corpo menos a temperatura ambiente em função do tempo.

“O estudo desta lei não é comumente tratado no ensino médio, porém acreditamos que seja um assunto interessante de ser trabalhado neste nível de ensino de uma forma conceitual, relacionando a fatos do cotidiano do aluno”. (SIAS; TEIXEIRA, 2006)

[slideshare-Lei de Resfriamento de Newton-2014] apresenta esta lei de uma maneira bem fácil de ser entendida, como sendo uma equação diferencial, indicando que “A taxa de diminuição (sic) da temperatura de um corpo é proporcional a diferença de temperaturas entre o corpo e o ambiente”:

$$\frac{dT}{dt} = -k (T_{\text{corpo}} - T_{\text{ambiente}})$$

Com esta análise nos convencemos do potencial dos módulos de Peltier como material didático, pois além de ser útil para explorar os assuntos comumente trabalhados no ensino médio, como calor específico, calor latente, curvas de resfriamento, etc, ainda permite trabalhar temas pouco, ou quase nada, discutidos no ensino médio, tais como o efeito Peltier-Seebeck, a Lei de resfriamento de Newton e as consequências das idealizações nos problemas [considerando sistemas perfeitamente isolados, ignorando os atritos e a resistência do ar etc] para um correto entendimento dos fenômenos físicos.

3 APLICAÇÕES E RESULTADOS

Abriu-se um leque de possibilidades para se aplicar os módulos Peltier em aulas de termologia no ensino médio.

Tendo como foco a importância das aulas práticas no ensino de Física e o valor da socialização no processo de ensino e aprendizagem, dos trabalhos em equipe, como já fora discutido no Capítulo 1 desta dissertação, resolvemos fazer duas aplicações: uma para as 1^{as} séries do ensino médio e a outra para as 3^{as} séries, também do ensino médio.

Ambas as aplicações são práticas que, até onde sabemos, ainda não foram exploradas em outras aulas, pois além de se usar as pastilhas de Peltier como agente motivador, ainda visam à confecção de produtos usando as pastilhas, isso para as 1^a séries, e fazer com que os alunos das 3^a séries descubram, a partir dos dados experimentais obtidos por eles, a importância da evaporação nas curvas de aquecimento, discutindo o quanto as “idealizações” feitas nos exercícios dos livros didáticos [ignorando atritos, resistência do ar, considerando os sistemas perfeitamente isolados etc] levam a descrições equivocadas dos fenômenos naturais.

Estas aplicações também exploram e desenvolvem as habilidades dos alunos em manusear aparelhos de medições, montar tabelas e discutir relações entre as grandezas, conduzindo efetivamente a uma aprendizagem potencialmente significativa, de modo que:

“O novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio [aquele que ele já possui] fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.”(MOREIRA, 1999, 2000, 2006 apud MOREIRA, 2013, p. 225)

Achamos pertinente, antes de apresentar as atividades com os alunos, mostrar como é o ambiente, a escola em que estudam.

3.1 A ESCOLA

A escola escolhida para a aplicação do produto foi o Colégio Técnico Industrial de Guaratinguetá Professor Carlos Augusto Patrício Amorim, CTIG/Unesp.

Escola onde cursei meu ensino médio, formando-me em Técnico Mecânico em 1990. Ela exerceu uma grande relevância para meu crescimento como indivíduo, cidadão, ser humano e profissional; pois voltei, depois de licenciado professor em Física, para me somar ao seu corpo docente, onde progrido em minha carreira no magistério desde 1999, quando passei por lá como professor substituto, voltando e me efetivando em 2009.

Essa escola tem uma missão adequada às recomendações da Lei nº 9394/96, Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), “[...] formando cidadãos capacitados e competentes para atuarem em diversas profissões, pesquisas, difusão de conhecimentos [...]” (CTIG/UNESP, [199-?]).

Sua mantenedora é a Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP; e suas instalações estão no campus da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, a FEG.

Guaratinguetá é uma cidade do interior de São Paulo, com mais de 112 mil habitantes [IBGE 2010]. Fica a 176 km de São Paulo e a 266 km do Rio de Janeiro. É uma das cidades mais importantes da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte, região que possui uma grande importância turística, cultural, industrial e econômica no estado de São Paulo (PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE GUARATINGUETÁ, [200-?]).

A escola iniciou suas atividades em 1971 e oferece atualmente, para aproximadamente mais de 400 alunos, cursos técnicos integrados ao médio de mecânica, eletrônica, eletroeletrônica e informática industrial (CTIG/UNESP, [199-?]).

Por pertencer a uma Universidade paulista, além de ter laboratórios próprios para o ensino técnico, ainda pode usufruir dos laboratórios dos cursos de graduação, da biblioteca universitária e contar com as viaturas da universidade para visitar empresas, feiras, congressos e outros eventos que possam auxiliar na formação integral dos educandos.

Por isso essa escola ocupa sempre as primeiras posições nos rankings estaduais e nacionais das escolas no Exame Nacional do Ensino Médio, apresentando ótimos resultados em olimpíadas culturais como a Olimpíada Paulista de Física, a Olimpíada Brasileira de Física, a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica, Olimpíada Brasileira de Matemática, entre outras.

O ingresso nessa escola é disputadíssimo, pois se trata de um ensino público de qualidade e gratuito. Faz-se através de um processo seletivo com questões de Língua Portuguesa, Matemática, Ciências Naturais e Ciências Biológicas e mais uma redação (CTIG/UNESP, [199-?]).

3.2 AS AULAS

O colégio é bastante conteúdista, exigindo que todo o programa seja cumprido na íntegra, assim sendo, todo trabalho que foge da ementa deve ser realizado fora do horário das aulas.

Para as primeiras séries resolvemos aproveitar nossa Semana Cultural Professor Carlos Ricarti, que normalmente ocorre em outubro, quando é pedido aos alunos que, em grupos, confeccionem e apresentem à comunidade local algum equipamento, teatro, música, dança etc, inspirados na disciplina que quiserem, sob a coordenação do respectivo professor da disciplina escolhida.

Convidamos as terceiras séries para uma aula extra de 2 horas, fora do horário normal, onde eu revisaria os principais conceitos de termometria e calorimetria e ainda lhes colocaria em contato com o efeito Peltier-Sebeck, cujas pastilhas termopar seriam exploradas na disciplina técnica de Instrumentação, prevista para ser ministrada por um professor da área técnica no terceiro bimestre, a todas as turmas.

3.2.1 APLICAÇÃO NA 1ª SÉRIE

Eu ministrava aula em 2015 para duas classes de primeira série, uma turma do curso técnico de informática, com 30 alunos, e a outra do curso técnico de eletroeletrônica, com 28 alunos.

No 2º bimestre pedi aos alunos que as classes fossem divididas em equipes de três alunos. A escolha dos integrantes de cada equipe ficaria por conta deles, bem como os critérios para sua montagem.

Após estar com os nomes dos integrantes de cada equipe, tendo se formado 18 equipes, apresentei a eles a Semana Cultural Carlos Ricarti.

Informei que os professores que quisessem participar, independente da disciplina que ministram, deveriam pedir a cada classe que preparassem umas atividades referentes à sua disciplina para serem apresentadas na semana cultural, cuja data precisa ainda não estava fixada, mas que deveria ocorrer no mês de outubro. Cada professor podia estipular os critérios de avaliação que usaria para cada classe, como também os modos de apresentação.

Eu sugeri que fizessem uma pesquisa, escolhessem dois trabalhos e passassem para mim a descrição dos trabalhos e suas fontes; após analisar suas escolhas faria a seleção entre os dois, ou pediria que fizessem outra pesquisa, caso os dois trabalhos não estivessem num bom nível.

Informados sobre qual trabalho fora selecionado, cada equipe deveria, no início de setembro, estar com o trabalho confeccionado e me entregar um relatório escrito sobre a pesquisa e sua execução.

No final de setembro, numa aula de plantão fora do horário das aulas regulares, cada equipe teria 10 minutos para apresentar, às duas classes juntas, seu trabalho: o embasamento científico e técnico, como construíram e mostrar seu funcionamento.

Só depois de passar por essas etapas é que poderiam expor na Semana Cultural, o que valeria para cada elemento da equipe a nota máxima na prova mensal do 4º bimestre.

Fizemos isso embasados nas metodologias do ensino por projetos, que:

“[...] defendem a idéia [sic] de que o aluno aprende participando, tomando atitudes diante dos fatos, investigando, construindo novos conceitos e informações, e selecionando os procedimentos apropriados quando diante da necessidade de resolver problemas.”(HERNANDEZ, 1998; FREIRE, 1997 apud [www.conteudoescola](http://www.conteudoescola.com.br), 2004)

Sabíamos que algumas equipes me procurariam para eu sugerir atividades. Quando isso aconteceu, sugeri a duas equipes, uma de cada

classe, que pesquisassem sobre o efeito Peltier-Seebeck, os módulos Peltier e algum equipamento que eles poderiam fazer usando esse assunto.

Como se tratava de um trabalho-piloto, sobre um assunto que não é explorado no ensino médio [inclusive, vários dos colegas que ministram aulas no ensino técnico não conheciam o efeito Peltier-Seebeck], resolvemos não arriscar envolvendo toda classe. Por isso escolhi apenas duas equipes, em função do quanto seus membros se envolviam nas aulas de física.

3.2.1.1 RESULTADOS DA APLICAÇÃO NA 1ª SÉRIE

A equipe formada pelos alunos do curso de eletroeletrônica resolveram fazer uma mini geladeira refrigerada com pastilhas Peltier, tomando como base um vídeo que encontraram na internet [YouTube, Peltier]. Após assistir o vídeo que eles me indicaram e outros que pesquisei, resolvemos que o trabalho era viável.

Essa equipe fez uma apresentação com pouca discussão conceitual do efeito Peltier-Seebeck e das pastilhas termopar; mas a montagem feita por eles ficou esteticamente melhor que a do vídeo tomado como referência e ela funcionou satisfatoriamente, conseguindo diminuir a temperatura em mais de 2 °C nos 10 minutos da apresentação.



Figura 3.1: Geladeira com pastilha termopar, feita pelos alunos.
[Fonte: próprio autor]

Na parte de cima da caixa de isopor havia uma pastilha termopar com a superfície fria voltada para o interior da caixa; sobre a superfície quente dessa pastilha, que estava voltada para o lado de fora da caixa, colocaram um dissipador de calor, conforme imagem esquematizada abaixo:

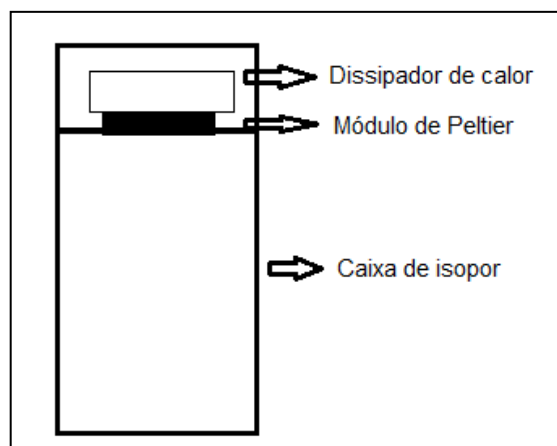


Figura 3.2: Croqui da Geladeira com pastilha termopar.
[Fonte: próprio autor]

A equipe do curso de informática resolveu acender um led usando uma pastilha termopar, como tinham visto num vídeo na internet [YouTube, Manual do Mundo]. Nós sabíamos que esse experimento era viável, pois Adolf Cortel (ADOLF CORTEL, 2007, p. 91), demonstrou ser possível acionar um motorzinho com as pastilhas termopar usando apenas o gradiente de temperatura entre as mãos humanas e uma superfície fria; mas mesmo assim assisti ao vídeo indicado por eles e outros do YouTube, liberando a execução do projeto.

Essa equipe fez uma ótima apresentação do efeito Peltier-Seebeck e das pastilhas termopar, demonstrando que realmente tinham estudado e entendido o assunto. O experimento ficou esteticamente bem melhor que o do vídeo que eles me indicaram, pois criaram um cenário para a sua usina termoelétrica e substituíram o ventilador por um led.

Colocaram entre duas latas metálicas uma pastilha termopar, muito bem fixada, usaram pasta térmica para aumentar o contato entre as superfícies do módulo e das latas. Colocaram gelo na lata que estava do lado da superfície fria da pastilha, e água fervente na lata que estava do lado da superfície quente da pastilha; ao fazerem isso, um led que estava ligado nos terminais da pastilha acendeu.



Figura 3.3: Gerador termoelétrico acendendo um led, feito pelos alunos.
[Fonte: próprio autor]

Essa equipe foi formada por jovens que adoram física; dois deles dizem até que querem cursar a faculdade de física. O comentário acima é para justificar porque sua apresentação foi tão eloquente, despertando nos alunos muita curiosidade, de modo que muitas perguntas foram feitas e a apresentação durou o dobro do tempo previsto.

Além disso, um de seus integrantes, o mais envolvido com a disciplina, concordou em elaborar um relatório mais detalhado sobre sua impressão a respeito do experimento: como o descobriu, porque resolveu fazê-lo, quais as dificuldades que encontrou ao trabalhar com as pastilhas, entre outras informações [veja no anexo 7.1].

A atitude dessa equipe em melhorar o material pesquisado, em fazer alterações, em fazer apresentações orais com muito entusiasmo, contagiando a platéia, em entregar relatórios mais detalhados e numa linguagem adequada para o formalismo acadêmico, comprova que “A aprendizagem é facilitada quando o aluno participa responsabilmente do processo de aprendizagem” (ROGERS, 1969 apud MOREIRA, 2013, p. 142).

3.2.2 APLICAÇÃO NA 3ª SÉRIE

Em abril de 2015 solicitei à direção e à coordenação técnica do colégio um laboratório de eletricidade para realizar as atividades. Liberaram o dia 04 de maio de 2015, uma segunda-feira, no horário de 17h15min às 19h.

Esse horário ficaria difícil para os alunos, principalmente para os que têm aulas à tarde e à noite, pois está no intervalo do lanche entre o período vespertino e o noturno, que vai de 17h às 19h15min. Apesar da dificuldade, pois precisariam ficar sem o lanche da tarde, 22 alunos dos quatro cursos técnicos responderam sim ao meu convite, feito em 28 de abril de 2015 no grupo fechado do Facebook: Cotec_Física2015, que eu criei para melhorar a minha comunicação com as turmas, mas apenas 15 compareceram na aula.

Eu tinha prometido em classe que faria, nessa aula, uma revisão dos principais conceitos de termologia e depois exploraríamos as células de Peltier. A revisão era interessante, principalmente aos alunos que visavam o vestibular do meio do ano; e o contato com o efeito Peltier-Seebeck facilitaria o entendimento do assunto, pois este seria ministrado no 3º bimestre, na disciplina instrumentação.

A termologia deve ser trabalhada, segundo a Proposta Curricular do Estado de São Paulo para o ensino de Física (2008, p. 53-54), nos 1º e 2º bimestres da 2ª série do ensino médio; por isso, considero revisão de conteúdos, pois os alunos dessa aula estavam cursando a 3ª série.

Libâneo (LIBÂNEO, 1991, p. 177) considerando “[...] a aula como o conjunto dos meios e condições pelos quais o professor dirige e estimula o processo de ensino em função da atividade própria do aluno [...].”

Ainda segundo Libâneo,

“A ligação entre teoria e prática, no processo de ensino, ocorre em vários momentos do trabalho docente: a verificação dos conhecimentos e experiências dos alunos em relação ao conteúdo novo, para tomá-los como ponto de partida; a comprovação de que os alunos dominaram os conhecimentos, aplicando-se em situações novas; a demonstração do valor prático dos conhecimentos; a ligação dos problemas concretos do meio ao conhecimento científico. Isso significa que, nas aulas, às vezes se vai da prática a teoria, outras vezes se vai da teoria para a prática.” (op. cit., p. 157)

Desta forma, resolvemos dividir a aula em 05 momentos distintos.

3.2.2.1 LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES²

Num primeiro momento verifiquei o que o aluno já sabia sobre o tema a ser explorado, fiz um levantamento de seus conhecimentos prévios, pois “[...] o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe [...]” (AUSUBEL, 1968, 1980, 2000 Apud MOREIRA, 2013, p. 171).

Com essa análise poderia adaptar o discurso e prática às necessidades do aluno, pois “Uma condição para a ocorrência da aprendizagem significativa, portanto, é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz [...]” (op. cit., p. 164). Esse objetivo é alcançado se o trabalho for realizado na zona de desenvolvimento proximal do aluno, que:

“[...] é definida por Vygotsky como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido por meio da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criança) ou em colaboração com companheiros mais capazes.” (VYGOTSKY, 1988 apud MOREIRA, 2013, p.114).

Esse levantamento dos conhecimentos prévios foi imprescindível para a execução das etapas seguintes, pois me ajudou a escolher as palavras e posturas adequadas para as próximas atividades e a montar os grupos de trabalho, procurando colocar num mesmo grupo alunos que possuíssem zonas de desenvolvimento proximal parecidas.

Em duplas, tiveram 15 minutos para responder um questionário com cinco questões [veja Apêndice 6.2], cada uma com objetivos bem definidos:

- 1ª questão: verificar se estavam claros para eles os conceitos de calor e temperatura;
- 2ª questão: Verificar a importância que dão às unidades, medidas, sistemas de unidades e se são capazes de perceber que calor é energia, afinal, ambos possuem a mesma unidade;

²Subsunçor, ou conceito subsunçor, é definido por Ausubel como uma estrutura de conhecimentos específicos sobre determinado tema (MOREIRA, 2013, p. 161).

- 3ª questão: Verificar suas noções sobre trocas de calor e a importância do material nesse processo;
- 4ª questão: Verificar suas ideias sobre condutividade térmica;
- 5ª questão: Verificar suas noções da relevância das quantidades de matéria durante as trocas de calor e suas habilidades em propor ações para resolver problemas práticos.

3.2.2.2 SOCIALIZAÇÃO DAS RESPOSTAS

Num segundo momento, numa atividade que devia durar 15 minutos, mas que se estendeu por 26 minutos, embasado na ênfase que Vygotsky dá as origens sociais dos processos psicológicos superiores, socializamos as respostas dadas pelos alunos no questionário anterior.

Segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho, levar os alunos a argumentarem é, em algumas turmas, uma tarefa muito difícil, mas o professor deve insistir, criando oportunidades para que os alunos exponham suas ideias, pois isso aumentará a segurança e o envolvimento destes com as práticas científicas (CARVALHO, 2007, p. 31):

“A habilidade de levar os alunos a argumentarem merece ser trabalhada pelos professores nas aulas de ciências, pois é pela exposição argumentativa de suas idéias que os aprendizes constroem as explicações dos fenômenos e desenvolvem o pensamento racional” (op cit., p.31).

Eu lia a questão e os alunos liam suas respostas.

Diante de cada resposta, eu ou qualquer outro aluno que quisesse podia fazer comentários e outras questões pertinentes, complementando e eliminando erros da resposta dada pelo colega.

3.2.2.3 RESUMO DOS CONCEITOS BÁSICOS DE TERMOLOGIA

Após essa parte, usando uma metodologia tradicional, fiz uma sinopse que durou 13 minutos, utilizando 07 slides [veja Apêndice 6.3], em que, além de comentar sobre os principais conceitos de termologia, ainda enfatizei a

descrição matemática desses conceitos, visando uniformizar o entendimento dos alunos através da exploração dos signos, símbolos utilizados pela ciência, pois além da importância desses signos na abordagem de Vygotsky, que acredita que é através da interiorização destes que se dá o desenvolvimento cognitivo (VYGOTSKY, 1988 apud MOREIRA, 2013, p.109), ainda pude melhorar a linguagem dos aprendizes, pois muitas de suas respostas vieram numa linguagem informal, coloquial, algumas até contendo erros semânticos, afinal:

“Ao ensinar Ciência, ou qualquer outra matéria, não queremos que os alunos simplesmente repitam as palavras como papagaios. Queremos que sejam capazes de construir significados essenciais com suas próprias palavras... mas estas devem expressar os mesmos significados essenciais se não de ser cientificamente aceitas” (LEMKE, 1997 apud CARVALHO, 2007, p. 35).

3.2.2.4 APRESENTAÇÃO DOS MÓDULOS DE PELTIER

Nesta etapa, estipulada para durar 10 minutos, mas que durou 16 minutos, pois os alunos usaram um tempo maior que o esperado para manusear as pastilhas, não visávamos discutir detalhadamente os conceitos que explicam cientificamente o efeito Peltier-Seebeck, pois como já citamos anteriormente, tal efeito é desconhecido pela maioria dos professores de física, como pude eu mesmo me certificar, informalmente, nas conversas durante os intervalos nas salas dos professores, nas 03 escolas em que leciono, sendo 02 particulares e uma pública. Além disso, esse assunto não faz parte dos conteúdos indicados nas propostas pedagógicas do Brasil, principalmente a do estado de São Paulo, onde trabalho.

Nós optamos por apresentar um dispositivo que se utiliza desse efeito, as pastilhas termopar, sendo muito úteis nas indústrias e em pequenos equipamentos comuns em nosso dia a dia, como os bebedouros, por exemplo.

Nessa abordagem, resolvemos utilizar os mapas conceituais, que:

“[...] devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram as relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento.” (MOREIRA, 1980 apud MOREIRA, 2006, p. 10).

Usei um slide dinâmico [veja apêndice 6.4], em que o mapa conceitual era montado aos poucos, diante dos alunos, apresentando movimentos e sons, a medida que as ideias iam fluindo.

Concomitantemente à apresentação, cada dupla de alunos manuseavam uma pastilha termopar, ligando-a a fonte e confirmando que uma das superfícies aquecia enquanto a outra se esfriava.

3.2.2.5 A ATIVIDADE PRÁTICA

Restaram aproximadamente 35 minutos para atividade prática, essencial para a fixação dos conceitos apresentados, para melhorar a competência dos alunos em manusear balanças, fontes de eletricidade, voltímetros, amperímetros, termômetros, em montar tabelas e gráficos e analisar as relações matemáticas entre as grandezas e as conformidades entre a teoria e a prática; em experimentar o que é fazer ciência; enfim:

“A experimentação na sala de aula é uma ótima maneira do aluno ter contato com a matéria, pois, por ser um contato do agrado da maioria dos alunos, estimula a potenciação de seu aprendizado. O que queremos é que os alunos gostem de Física.” (PADILHA; CARVALHO, 2003, p. 2012)

Optamos por escolher uma aula experimental com roteiro pré-estabelecido, o que A. Tarcísio Borges (BORGES, 2002, p. 304) chama de “laboratório tradicional”. Embora o grau de liberdade fosse muito restrito, o que nos interessava era o compromisso dos alunos com os resultados, afinal, nosso objetivo era levá-los a confrontar a teoria apresentada em classe, a curva de aquecimento da água conforme a linha vermelha no gráfico do pesquisador Fernando Lang, a única apresentada nos livros didáticos, e o fenômeno real observado.

“Para se alcançar este objetivo [facilitar a aprendizagem e a compreensão de conceitos] recomenda-se que a atividade concentre-se apenas nos aspectos desejados, com um planejamento cuidadoso que considere as ideias prévias dos estudantes a respeito da situação estudada, o tempo necessário para completar a atividade, as habilidades requeridas e aspectos ligados à segurança (Hodson,

1988)³. [...] Em um laboratório tradicional, com atividades realizadas sob orientação do professor e seguindo os roteiros fornecidos, pode-se acreditar que tal objetivo possa ser conseguido.” (BORGES, 2002, p. 301)

O grupo de alunos foi dividido em 05 equipes de 03 alunos.

A cada equipe foi pedido que:

- usando uma balança, verificasse a massa de água contida num Becker;
- colocasse esse Becker com água sobre a superfície quente de um módulo de Peltier;
- fixasse dentro da água um termômetro;
- ligasse a pastilha de Peltier a uma fonte;
- fixando uma tensão, pois a fonte era regulável, anotasse a corrente que o amperímetro indicava.
- finalmente, construísse uma tabela informando a temperatura em diversos instantes.

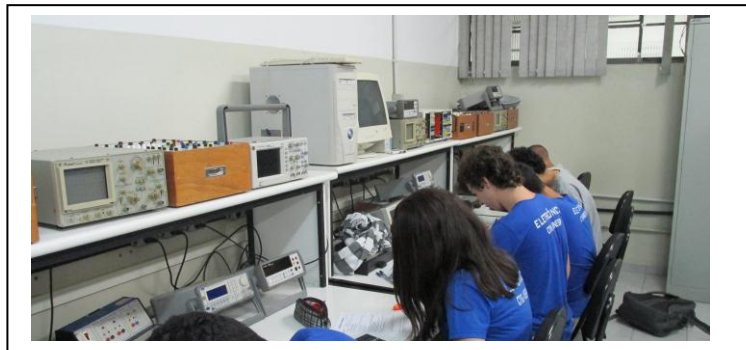


Figura 3.4: Alunos na aula prática
[Fonte: próprio autor]

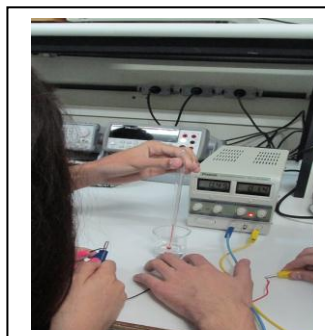


Figura 3.5: A montagem
[Fonte: próprio autor]

³HODSON, D. *Towards a philosophically more valid science curriculum*. Science Education, v.72, n. 1, 1988.

Pedi que repetissem o procedimento para o maior número de valores de tensão possível, preenchendo as tabelas que lhes dei [veja apêndice 6.5].

Informei que usaria as medidas feitas por eles para esboçar os gráficos da temperatura versus tempo; depois discutiria os resultados diante de toda a classe, verificando quantos alunos conseguiriam perceber, com esses dados, uma diferença entre uma certa teoria apresentada em classe e o fenômeno observado na prática.

Solicitei que me enviassem por escrito, ou no formato digital, como lhes fosse mais prático, um questionário [veja apêndice 6.6], para que eu avaliasse o impacto da descoberta do efeito Peltier-Seebeck em suas formações e, principalmente, obtivesse sugestões para sua aplicação didática.

3.2.2.6 RESULTADOS DA APLICAÇÃO NA 3ª SÉRIE

No grupo de 15 alunos das 3^{as} séries que compareceram à aula, havia representantes de todos os cursos, sendo 05 do curso de mecânica, 07 do curso de eletrônica, 02 do curso de eletroeletrônica e apenas 01 do curso de informática.

Esses números confirmaram minhas expectativas, pois os cursos de mecânica e eletrônica reúnem a maior quantidade de alunos interessados em Física, enquanto que no curso de informática a maioria demonstra desinteresse pela disciplina.

Pude notar que alguns foram à aula com o intuito de melhorar suas notas, apesar de eu nada ter prometido, a não ser fazer um resumo que os ajudaria nos vestibulares do meio do ano e apresentar-lhes a pastilha termopar, o que, teoricamente, os ajudaria na disciplina de instrumentação que cursariam no semestre seguinte.

3.2.2.6.1 OS SUBSUNÇORES

Todos acertaram a questão 01 [O que vocês entendem por temperatura e calor?], ou seja, sabiam que calor é energia. No entanto uma dupla, formada por alunos do curso de mecânica, não indicou o joule como unidade de calor na questão 02 [Quais as principais unidades usadas para medir temperatura e

calor?], criando em mim uma dúvida: será que as respostas que deram na 1ª questão eram conscientes ou apenas frases que decoraram dos livros?

Embora todos tenham acertado a definição clássica de temperatura na questão 01: “nível de agitação dos átomos”, na questão dois 05 alunos escreveram as unidades de temperatura erradas, um escreveu “°K” e quatro escreveram “Celsius” e “Fahrenheit”, sem o grau.

As questões 03 [Quando um corpo quente aquece um corpo frio, suas temperaturas variam igualmente? [...] Podemos afirmar que a temperatura passou de um corpo para outro?] e 04 [Dois blocos, um de madeira e outro de metal, estão à mesma temperatura. Explique por que, quando tocamos os blocos à temperatura ambiente, o de metal parece estar mais frio do que o de madeira, e quando eles estão quentes ao tocá-los, o de metal parece-nos mais quente do que o de madeira.], ajudaram esclarecer minha dúvida anterior, pois verifiquei que apenas oito alunos tinham claro o que é calor; isso porque sete alunos afirmaram, na questão 03, que “a temperatura passava de um corpo para outro”.

Constatamos com isso que, o fato de todos acertarem a questão 01, significa que decoram frases e metade deles não entendem realmente a diferença entre calor e temperatura.

Quanto às trocas de calor entre os corpos, pudemos concluir das questões 03, 04 e 05 [Uma dona de casa em Santos, para seguir a receita de um bolo, precisa de uma xícara de água a 50 °C. Infelizmente, embora a cozinha seja bem aparelhada, ela não tem termômetro. Como pode a dona de casa resolver o problema?]; a mesma situação quanto às definições de calor e temperatura: eles tinham uma idéia do que seja, mas num nível muito mais teórico, decorado, apenas repetindo frases, por isso muitas contradições em suas respostas.

Enquanto 10 alunos demonstraram entender o que é condutividade térmica, a relevância da quantidade da substância nas trocas de calor, temas verificados nas questões 04 e 05, treze alunos indicaram na questão 03 ignorar a importância do tipo de material nas trocas de calor.

Treze alunos indicaram procedimentos aceitáveis para o problema proposto na questão 05.

Uma análise geral dessa etapa confirma que os conhecimentos de nossos alunos estão incompletos, apresentam algumas deficiências conceituais. Eles recebem as informações, decoram e aprendem a aplicá-las nas resoluções de exercícios, mas não dominam o tema.

3.2.2.6.2A SOCIALIZAÇÃO

Nessa etapa conseguimos um diálogo bastante produtivo, de modo que ela foi além do tempo estipulado de 15 minutos, durando 26 minutos, isso porque não discutimos todas as questões e interrompi algumas discussões.

Eu lia a questão e pedia para os alunos darem suas respostas.

Gravamos essa etapa com um celular, mas infelizmente tive problemas com o aparelho e perdemos a gravação.

Apresentarei aqui algumas discussões que me chamaram muita a atenção.

Na questão 01 foi interessante a discussão entre dois alunos. Um dizia que *“calor era energia térmica”*, aluno A, e o outro dizia que *“calor era energia trocada entre corpos”*, aluno B.

O aluno B afirmou que calor não era mais uma forma de energia, tipo energia potencial, radiante ou sonora, mas era apenas *“energia passando do corpo que tem mais para o que tem menos”*. Ao que o aluno A reagiu dizendo: *“então quando a energia potencial de um corpo é trocada para energia cinética chamamos isso de calor?”*

Neste momento o aluno C se manifestou: *“a energia potencial vira cinética no mesmo corpo, não há trocas de energias entre corpos”*.

Na questão 02 foi mencionado por alguns alunos que não se usa “graus kelvin”, como acontece com graus Celsius e graus Fahrenheit, daí um aluno me perguntou o porquê. Como eu não sabia com certeza, pedi para fazerem uma pesquisa na internet usando seus celulares.

Várias respostas foram encontradas, resolvemos aceitar a explicação encontrada na wikipedia⁴:

⁴Disponível em <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Kelvin>>. Acesso em maio de 2015

“Enquanto unidade do SI, o **kelvin não deve ser precedido pelas palavras ‘grau’ ou ‘graus’ ou pelo símbolo °**, como em grau Celsius e grau Fahrenheit. Isto acontece porque estas são escalas de medição, enquanto o kelvin é uma unidade de medição [...]”

O aluno D, após ler nesse mesmo site que até 1967 dizia-se grau kelvin, completou dizendo que se tratava de pura convenção, o que foi aceito por todos.

Na questão 03 ficou bem claro que explicar que um corpo quente aquece um corpo frio através da doação de temperatura é muito mais fácil, satisfaz o senso comum, afinal é isso que se mede.

A maioria dos alunos demonstrou aceitar a idéia de que o corpo mais quente tem mais energia e, em contato com um corpo mais frio, doa parte dessa energia.

Após eu comentar que temperatura relaciona-se com energia interna, o aluno B comentou: *“Se um corpo tem muita energia térmica, significa que tem mais temperatura, por que ele passaria essa energia para outro corpo?”*

“Porque a natureza não é egoísta”, respondeu o aluno E.

A questão 04 não gerou muita discussão. Rapidamente concluíram que mesmo tendo a mesma energia térmica, a mesma temperatura, alguns materiais têm mais “tendência” para doar essa energia do que outros, *“assim como acontece com os átomos, uns doam elétrons com mais facilidade”*, disse o aluno B.

Como estávamos temerosos de que não houvesse tempo suficiente para as atividades experimentais, resolvemos não discutir a questão 05, pois eu ainda devia fazer um resumo dos principais conceitos de termologia e lhes apresentar as pastilhas termopar, o que fizemos logo em seguida, utilizando oito slides e gastando vinte e nove minutos. A maior parte desse tempo foi explorando as pastilhas termopar.

3.2.2.6.3 A PRÁTICA

A classe foi dividida em cinco grupos de três alunos.

Após explicar o que deviam fazer, cada grupo recebeu o roteiro para as atividades [Apêndice 6.5] e tiveram alguns minutos para se acostumarem com os equipamentos.

Dos 50 minutos programados para a prática, nos restaram menos de 35 minutos, o que, com certeza, impediria que todas as medidas fossem feitas.

Percebi que os alunos dos cursos de mecânica e de informática apresentavam menos habilidades para manusear os equipamentos, voltímetro e amperímetro de bancada e até o termômetro de mercúrio, o que poderia levar a erros grosseiros, pois o controle da tensão, da corrente e temperatura é imprescindível para que haja coerência entre teoria e experimentação.

O grupo 01 fez dois conjuntos de medidas, preenchendo as tabelas para 1,5 V e 3,0 V. Não souberam informar qual a unidade que adotaram para intensidade da corrente elétrica.

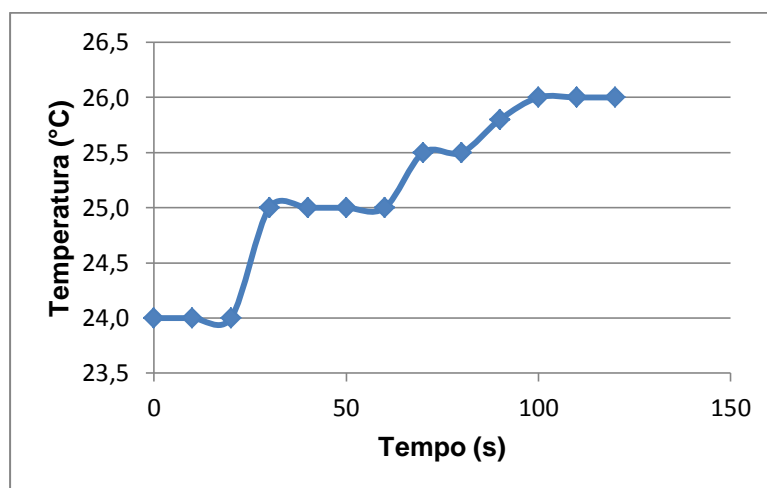


Figura 3.6: Gráfico gerado pelo grupo 01 para 1,5 V
[Fonte: próprio autor]

O grupo 02 também fez dois conjuntos de medidas, com tensões 1,5 V e 3,0 V. Não verificaram a intensidade da corrente elétrica.

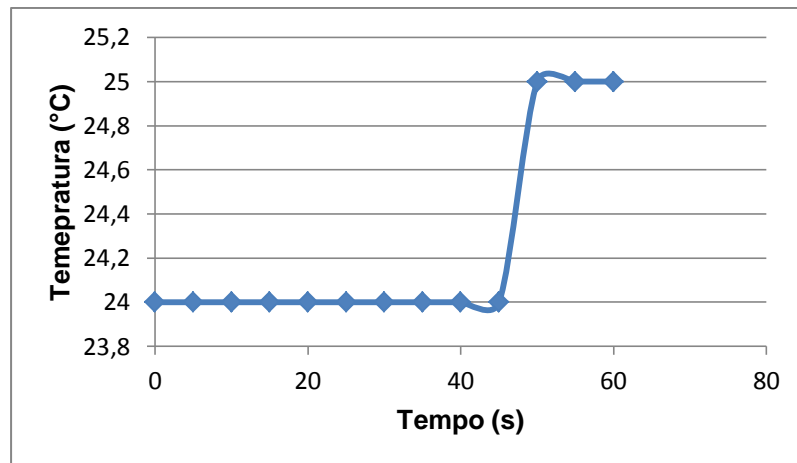


Figura 3.7: Gráfico gerado pelo grupo 02 para 1,5 V
 [Fonte: próprio autor]

O grupo 03 conseguiu fazer apenas um conjunto de medidas, com tensão de 1,5 V. Suas medidas de temperatura foram bem abaixo dos valores encontrados pelos outros grupos.

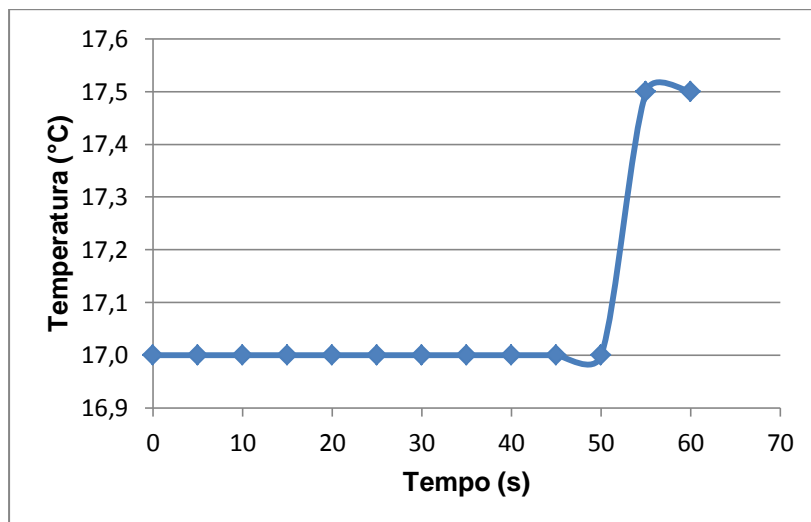


Figura 3.7: Gráfico gerado pelo grupo 03 para 1,5 V
 [Fonte: próprio autor]

Os integrantes do grupo 04 perceberam que as variações de temperatura estavam sendo muito baixas para as tensões usadas. Argumentando que a potência dissipada por um resistor, componente eletrônico cuja função é limitar a passagem da corrente elétrica, aquecendo-se, é proporcional ao quadrado da tensão, propuseram realizar seus experimentos a partir de tensões maiores e com menos água, pois com uma massa menor aqueceria mais rápido.

Percebemos nesse momento a ocorrência da aprendizagem potencialmente significativa, um dos nossos objetivos, pois os alunos desse grupo conseguiram o que Marco Antônio Moreira (MOREIRA, 2013, p. 225) descreveu como aprendizagem significativa: integrar a nova informação, o novo conhecimento, com seus conhecimentos prévios, de modo que “o novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio fica mais rico”.

Esse grupo fez as medidas com 5,0 V e 8,0 V.

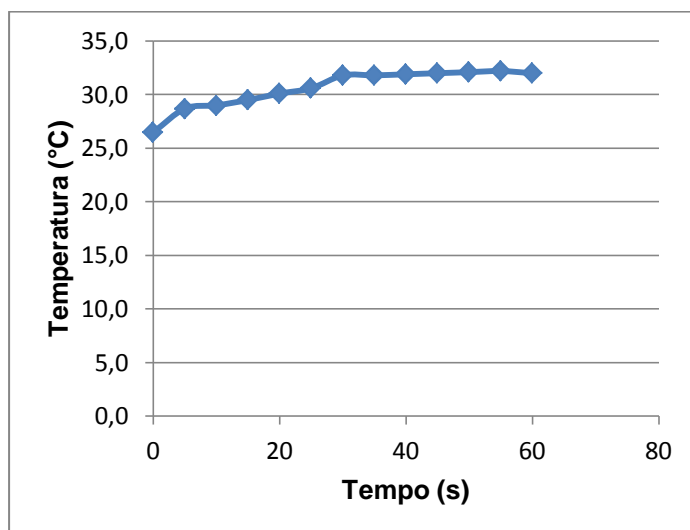


Figura 3.9: Gráfico gerado pelo grupo 04 para 5,0 V
[Fonte: próprio autor]

O grupo 05 fez apenas duas medidas, com tensões de 1,5 V e 3,0 V, e não verificaram os valores da intensidade da corrente elétrica.

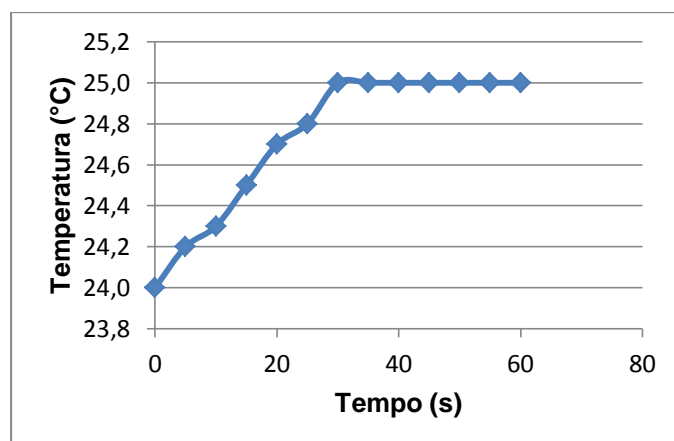


Figura 3.10: Gráfico gerado pelo grupo 05 para 1,5 V
[Fonte: próprio autor]

Os outros gráficos podem ser verificados no anexo 7.2.

Analisando os gráficos dos grupos, percebemos que alguns apresentam valores muito fora do esperado, o que a priori pode representar erros nas tomadas de valores, pois em alguns grupos a diferença entre uma tabela e outra é muito acentuada, como acontece com os grupos 01 e 04.

O grupo 01 era formado só por alunos do curso de mecânica, a falta de habilidades com os instrumentos de medida pode justificar a diferença, pois a discrepância entre o esperado e o encontrado se caracteriza apenas no primeiro gráfico, quando estavam se acostumando com os aparelhos; já no segundo gráfico seus valores ficaram bem próximos dos encontrados pelos outros grupos.

O grupo 04, aquele que comentei sobre conseguirem realizar uma aprendizagem potencialmente significativa, estava com muita pressa quando tiravam as medidas para o segundo gráfico; eles faziam uma prova na primeira aula da noite e queriam lanchar antes.

Ofereci 0,5 ponto no bimestre a todos que comparecessem no sábado seguinte, das 11 horas ao meio dia, para discutirmos essa prática.

Eles também deveriam me entregar, por meio digital ou escrito, um questionário respondido [veja apêndice 6.6].

3.2.2.7 PRÁTICA DISCURSIVA

Treze alunos compareceram no sábado marcado.

Dos quinze alunos, quatro não entregaram o questionário.

Os questionários entregues na forma digital estão como os anexos 7.3, 7.4, 7.5, 7.6 e 7.7.

É fácil perceber que o aluno III e o aluno IV copiaram as respostas um do outro.

Esses questionários demonstraram que foi o primeiro contato deles com o efeito Peltier-Seebeck, que todos aprovam o uso das pastilhas, destacando sua praticidade, mas criticam seu custo, pois elas queimam com muita facilidade.

As sugestões que deram para experimentos não são muito criativas, focam na determinação do calor específico, da capacidade térmica e na construção de pequenos artefatos que viram na internet.

De início, pedi que enumerassem alguns fatores que poderiam ter nos levado a erros. Foram citados por eles:

- Não se tem certeza se os aparelhos de medição, voltímetro, amperímetro, balança e cronômetros estavam bem aferidos.
- Os beckeres ou balanças usados, com certeza não eram precisos, pois em um becker que indicava 40 ml de água, verificamos uma massa de água de 36,1 g, o que não coincide com a densidade tabelada da água, 1 g/cm^3 .
- Os termômetros deviam possuir uma precisão maior do que $0,5^\circ\text{C}$.
- Analisamos como se o sistema estivesse isolado, mas ocorriam trocas de calor com o recipiente e com o meio.

Pedi que formassem grupos de três alunos, sendo que um grupo ficou com quatro alunos, e calculassem o calor específico da água usando os dados que tinham obtidos na aula experimental

Coloquei na lousa diversas fórmulas, de diversas áreas da física, eles deveriam descobrir quais utilizar.

Esse cálculo foi fácil para a maioria, apenas um grupo precisou de uma atenção especial.

Conhecendo a tensão e a corrente, calcularam a potência dissipada pelo Peltier. Escolheram um intervalo de tempo e determinaram a quantidade de energia fornecida ao sistema nesse período. Acertaram as unidades, transformando o joule em calorias, considerando que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$. Com esse valor, a massa da água e a variação de temperatura no intervalo de tempo considerado, calcularam o calor específico da água.

No primeiro cálculo apenas um grupo chegou num valor próximo, $1,4 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$, os demais acharam valores bem maiores, iguais e até maiores que o dobro do valor tabelado.

Na socialização dos resultados verificamos que, quanto menor o intervalo de tempo considerado, mais o resultado dos cálculos se aproximava do valor esperado.

Perguntei-lhes o por quê disso.

[Infelizmente a gravação dessa aula, de toda a discussão que foi riquíssima, foi perdida, pois estava no celular que tive que trocar por apresentar problemas. Apresentarei aqui, apelando para minha memória, de alguns momentos da aula que mais nos marcaram].

A discussão convenceu a todos que não podíamos atribuir à diferença nos valores calculados para o calor específico aqueles fatores, citados anteriormente, que podiam nos levar a erros.

Para inspirá-los, li alguns enunciados de exercícios onde pediam para desprezar os atritos, outro exercício que pedia para ignorar a resistência do ar, outro exercício ainda, de gravitação, que pedia para considerar a órbita de um dos planetas do sistema solar uma circunferência perfeita.

Comentei que a resposta para nossa pergunta talvez fosse algo comum a todos esses exercícios.

Um aluno comentou que, ao aumentarmos o intervalo de tempo, provavelmente alguma grandeza ou fenômeno que podiam ser desprezados para intervalos pequenos, começassem a ser mais relevantes.

Exibi para todos, com o auxílio de um datashow, o gráfico para 4,0 V, obtido pelo grupo 04, que pode ser analisado neste capítulo; e o gráfico para 11 V, obtido por mim.

Após os alunos debaterem um pouco sobre o que eu poderia estar querendo ao exibir aqueles gráficos, uma aluna lembrou-se das curvas de aquecimento para as substâncias puras, como a água. Perguntei-lhe se ela sabia esboçar esse gráfico, ela disse que não, mas outro aluno prontamente atendeu, desenhando-o na lousa.

Exibi o gráfico seguinte:

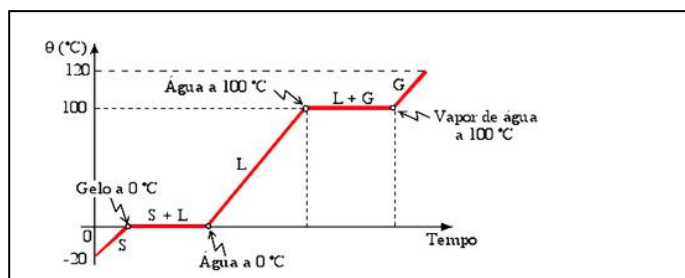


Figura 3.11: Curva de aquecimento da água

[Fonte: Disponível em: <<http://blogdoenem.com.br/calor-sensivel-e-calor-latente-revisao-de-fisica-enem/>>. Acesso em maio de 2015]

Depois de uma saudável discussão, um aluno comentou que nossos gráficos, os dois primeiros exibidos, faziam uma curva, enquanto que o gráfico visto em física e química, esse último exibido, traçava retas.

O mesmo aluno que relacionou o intervalo de tempo com algum fenômeno que estávamos desprezando, sugeriu que talvez fosse por não estarmos no nível do mar. Isso foi fortemente rebatido pelo aluno que chamou atenção para a diferença nas curvas dos gráficos; ele defendeu que se fizéssemos o mesmo experimento no litoral obteríamos uma curva idêntica.

Foi então que uma aluna chamou a atenção para as condições em que o gráfico idealizado fora traçado, no mais perfeito isolamento. Ela concluiu sua argumentação dizendo que: “se a água não tiver isolada ela evapora, apenas pela temperatura ambiente”.

O aluno que percebeu a diferença entre as curvas nos gráficos, completou: “a diminuição da quantidade de água é responsável pela diferença nas curvas”.

Outro aluno concluiu que é por isso que quando consideramos intervalos de tempo grandes o cálculo do calor específico foge muito do um (01) esperado. Para intervalos de tempo pequenos, evaporou pouca água, daí os resultados dos cálculos coincidirem mais com a teoria.

Nesse momento exibi o gráfico do Professor Fernando Lang:

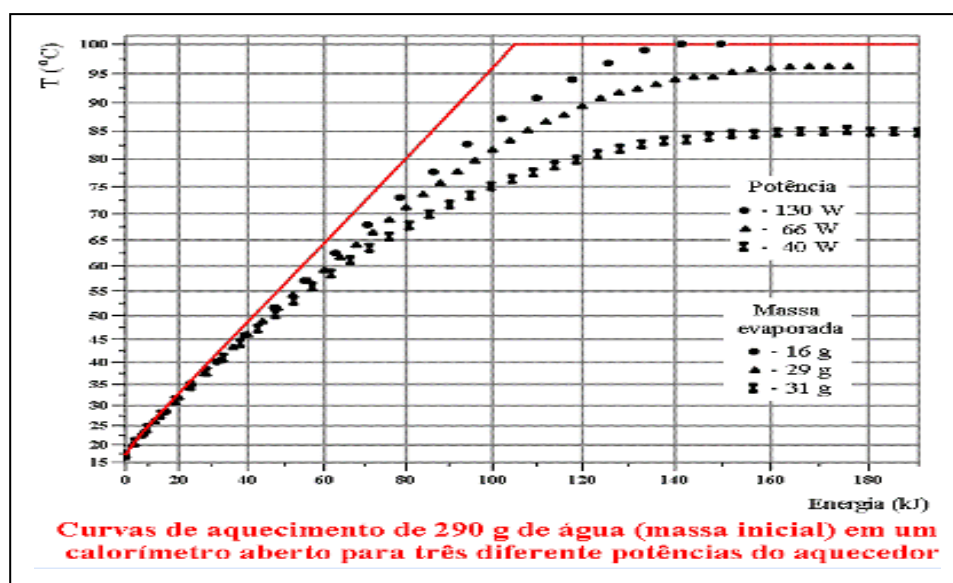


Figura 3.12: Curva de aquecimento da água obtida pelo Prof. Fernando Lang [Fonte:Disponível em: www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=689. Acesso em maio de 2015]

Os alunos ficaram imensamente contentes por terem chegado às mesmas conclusões que um grande cientista.

Um deles lamentou-se pelo fato dos inúmeros cálculos feitos em classe não descreverem realmente o fenômeno, ao qual eu expliquei que descrevem sim; desconsiderando diversas variáveis e para pequenas variações dos valores das principais grandezas, os resultados calculados são bem reais.

Outro aluno acrescentou que são tantas grandezas, tantas variáveis, que é impossível equacionar todas, o máximo que podemos fazer é chegar a um valor aproximado, isso inclui até os cientistas, que trabalham em condições muito mais ideais.

Respondi que já existe nas ciências exatas uma ferramenta para contornar esse problema: o cálculo apoiado no caos determinístico.

Eles quiseram saber mais, mas a aula já tinha acabado havia cerca de 20 minutos. Eu lhes disse que não sabia muito sobre o tema, mas que eles têm muito acesso a informação, basta saber usar.

Afinal, a função do professor é despertar nos alunos a vontade de descobrir, de ir além...

4 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

Consideramos o trabalho bem sucedido, pois além de alcançar os objetivos propostos, ainda nos permitiu confirmar certas tendências nos processos de ensino e aprendizagem e obter várias outras informações extras particulares ao grupo trabalhado.

Conseguimos, a partir de uma análise da atual situação de nosso ensino, convencer da necessidade de novas propostas pedagógicas, onde a experimentação, defendida desde o início do século XIX, torna-se uma atividade enriquecedora no processo ensino aprendizagem, sendo perfeitamente justificada pela teoria sóciointeracionista de Vygotsky.

Apresentamos, de modo sucinto, os fenômenos termoelétricos, que serviram de fundamentação para o entendimento das pastilhas Peltier.

Propomos seu uso nas aulas experimentais de termologia, chamando a atenção para as inúmeras vantagens que esses módulos apresentam em relação aos fogareiros, bicos de bunsen.

Tomando como exemplo duas atividades práticas aplicadas e bem sucedidas, de metodologias muito diferentes, provamos que essas abordagens podem ser muito motivadoras, como ficou claro nos anexos; sendo capaz de conduzir a uma aprendizagem verdadeiramente significativa, evidenciada com a atitude dos integrantes do grupo quatro das 3ª séries.

Entendemos que essas práticas representam uma grande dificuldade para os professores, pois nós não somos preparados para essas práticas em nossas licenciaturas. Para desenvolvermos as habilidades necessárias, enumeradas por Ana Maria Pessoa de Carvalho (2007), é preciso mais do que estudos teóricos dos diversos artigos, é preciso uma mudança de atitude, o que exige bastante paciência e persistência do educador.

Aos professores que resolvam usar as pastilhas em suas aulas de experimentação, sugiro que não cometam os mesmos erros que cometi, ficando atentos para os detalhes listados abaixo:

- Nem todas aquelas etapas usadas na 3ª série precisam ser aplicadas, mas caso opte em explorá-las, seria interessante dividi-la em diversas aulas, ganhando mais tempo para sua discussão.

- Talvez seja interessante treinar os alunos no manuseio dos aparelhos usados, discutindo as principais causas que levam a erros nas medições, a fim de evitá-las.
- Procurar isolar mais o sistema.
- Se quiser reforçar o modelo teórico da curva de aquecimento, basta usar baixas tensões e intervalos de tempo pequenos. Caso queira chamar a atenção para o papel da evaporação, e discutir a idealização nos problemas de Física, é interessante usar altas tensões e intervalos de tempo maiores.

Embora toda mudança cause certa ansiedade, vale a pena investir no novo, inovar, o que não significa necessariamente criar, mas explorar de modo diferente o que já existe. Isso causará alegria aos que realmente gostam do que fazem e trará resultados positivos a todos os envolvidos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONTEÚDO ESCOLA, O PORTAL DO EDUCADOR. *Ensino por projetos – Introdução*. Disponível em <<http://www.conteudoescola.com.br/resenhas/69>>. Acesso em fevereiro de 2016.
- (CTIG/UNESP, [199-?]) *Histórico*. Disponível em <<http://www2.feg.unesp.br/#!/colegio-tecnico-novo/historico/>>. Acesso em julho de 2015.
- (CTIG/UNESP, [199-?]) *Missão*. Disponível em <<http://www2.feg.unesp.br/#!/colegio-tecnico-novo/missao/>>. Acesso em julho de 2015.
- (CTIG/UNESP, [199-?]) *Vestibulinho*. Disponível em <<http://www2.feg.unesp.br/#!/colegio-tecnico-novo/vestibulinho-2013/provas-antiores/>>. Acesso em julho de 2015.
- [CREF-Curvas reais de aquecimento da água, 2014] *Curvas reais de aquecimento da água*. Disponível em <www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=689>. Acesso em maio de 2015.
- [edtec-Termopares] *Efeito Volta*. Disponível em <<http://www.edtec.com.br/termopares.htm>>. Acesso em julho de 2016
- [IBGE 2010] *Densidade demográfica das cidades do estado de São Paulo*. Disponível em <<http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=35&dados=0>>. Acesso em julho de 2015.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Mapas Conceituais e diagrama V*. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/marcycrezende/livro-mapas-conceituais-e-diagramas-v-completo1>>. Acesso em julho de 2015.
- [Peltier, 2016] *Efeito Peltier – Danvic*. Disponível em <<http://www.peltier.com.br>>. Acesso em julho de 2015.
- (PREFEITURA DA ESTÂNCIA TURÍSTICA DE GUARATINGUETÁ, [200-?]). Disponível em <<http://guaratingueta.sp.gov.br/>>. Acesso em julho de 2015.
- [slideshare-Lei de Resfriamento de Newton, 2014] *Lei de Resfriamento de Newton*. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/cristianepetrylima/aula-de-edo-lei-do-resfriamento-de-newton>>. Acesso em dezembro de 2015
- [Univasf-JoséAmérico] *Aplicações tecnológicas do efeito Peltier*. Disponível em <http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf>. Acesso em julho de 2016
- [YouTube, Manual do Mundo] *Como gerar energia só com água (Gerador Termoelétrico)*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>>. Acesso em setembro de 2015.

[YouTube, Peltier] *Mini Geladeira de pastilha de peltier*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=i-jdXdL7bc8>>. Acesso em setembro de 2015.

AFONSO, Julio Carlos, CHAVES, Francisco Artur Braun. Uma proposta inovadora de ensino de física experimental no início do Século XX. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SP. v.37, n.1, 2015.

ALMEIDA, Andrey, SASSERON, Lúcia. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. In: IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2013, Girona.

AUSUBEL, D. P. *Educational psychology: a cognitive view*. 1 ed. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

_____; NOVAK, J. D. e HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Trad.de Eva Nick et al. RJ: Interamericana,1980.

_____. *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht: KluwerAcademic Publisher, 2000.

BERGOLD, Arthur William de Brito, RUIZ, Victor Enrique Vizcarra. Anistia da Física Experimental no Ensino Médio: iniciando um laboratório didático de Física. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro.

BORGES, A. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de ensino de Física*. v.19, n.3, p. 291-313, 2002.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica. *Contexto&educação*,RS: Ed. Unijuí, ano 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

CORTEL, Adolf. Thermoelectric generators. *Physics Education*, Barcelona, Spain: IOP Publishing Ltd, v. 42, n. 1, p. 88-92, 2007.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia*. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1997.

GASPAR, Alberto. A teoria de Vygotsky e o ensino de Física. In: IV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 1994, Florianópolis.

HERNANDEZ, Fernando. *Transgressão e Mudança na educação: Os Projetos de Trabalho*. Porto Alegre, RS: ED. ARTMED, 1998.

KAKIMOTO, Luis Carlos. *Efeito Peltier-Seebeck: gerando eletricidade por diferença de temperatura*. Campinas, 2013. 55 f. TCC – Instituto de Física GlebWataghin, Unicamp, Campinas, 2013.

LEMKE, J. L. *Aprender a hablarciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Espanha: Editora Paidós, 1997.

LEMOV, Doug. *Aula nota 10*. 'Tradução de' Leda Beck. 4ª reimpressão, São Paulo: editora Livros de Safra, 2011. 330 p. contra capa.

LIBÂNEO, José Carlos. *Didática*. 1 Ed. São Paulo: Editora Cortez, 1991. 253 p. cap. 7 e 8.

MOLKI, Arman; BABA, Abdul Roof. A peltier-based variable temperature source. *Physics Education*, United Arab Emirates: IOP Publishing Ltd, v. 49, n. 6, p. 635-638, 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de aprendizagem*. 2. Ed. São Paulo: editora E.P.U., 2013. 242 p. cap. 07, 09, 11 e 15.

_____. *Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa*. *Ciência e Cultura*, v. 32, n. 4, 1980.

_____. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

_____. *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: VISOR, 2000.

_____. *A aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006.

PADILHA, J. N. ; CARVALHO, A. M. P. A experimentação nas aulas do ensino fundamental. In: XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2003, Curitiba. ATAS. Curitiba : CEFET-Paraná, 2003. v. 1. p. 2001-2010.

ROGERS, C. R.. *Freedom to learn*. Columbus, Ohio: Charles E. Merrill, 1969.

SÃO PAULO (ESTADO) SECRETARIA DA EDUCAÇÃO (Coord. Geral: Maria Inês Fini. Equipe: José Guilherme Brockington et. al). Proposta Curricular do Estado de São Paulo: Física. São Paulo, 2008, 60 p., p. 53-54

SASSERON, Lúcia Helena, PESSOA DE CARVALHO, Anna Maria. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, RS. V.16, n.1, p. 59-77, 2011.

SIAS, Denise Borges; TEIXEIRA, Rejane Maria Ribeiro. Resfriamento de um corpo: a aquisição automática de dados propiciando discussões conceituais no laboratório didático de física no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 23, n. 3, p. 360-381, 2006

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 2 ed. Brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 1988.

APÊNDICE 6.1

GRÁFICOS DA TEMPERATURA VERSUS TEMPO OBTIDOS POR MIM

Tempo(minutos)	Temperatura(°C)
0	26,0
1	26,5
2	27,0
3	27,5
4	28,0
5	28,3
6	28,5
7	28,8
8	29,0
9	29,3
10	29,3
11	29,5
12	29,8
13	29,5
14	29,5
15	29,5

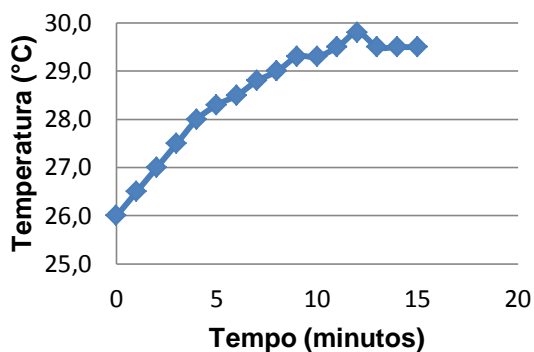
*** Água:**

massa inicial = 46,3 g

massa final = 46,2 g

*** Tensão = 4,0 V**

*** Intensidade da corrente elétrica = 430 mA**



Tempo(minutos)	Temperatura(°C)
0	26,0
1	27,5
2	28,0
3	28,5
4	29,0
5	29,3
6	29,5
7	30,0
8	30,3
9	30,5
10	30,8
11	31,0
12	31,3
13	31,5
14	32,0
15	32,3
16	32,5
17	33,0
18	33,3
19	33,5
20	34,0
21	34,0

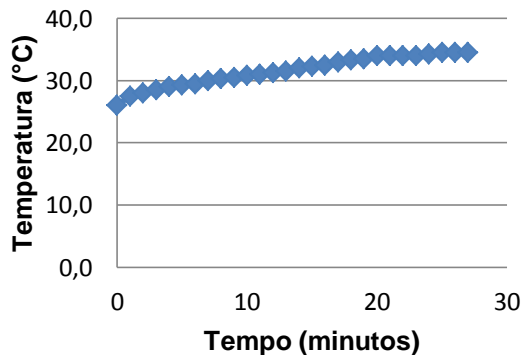
*** Água:**

massa inicial = 43,3 g

massa final = 43,1 g

*** Tensão = 5,0 V**

*** Intensidade da corrente elétrica = 510 mA**

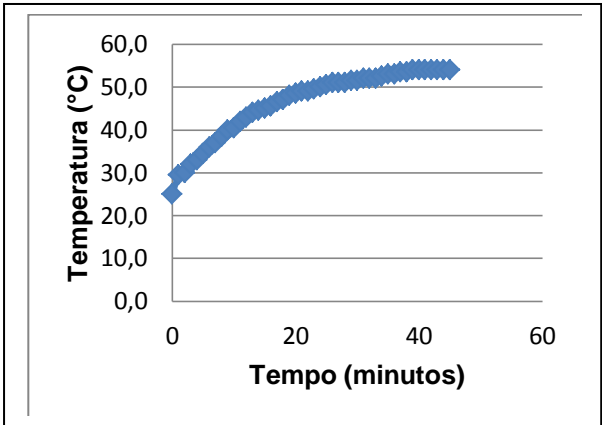


Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	25,0
1	29,5
2	30,0
3	32,0
4	33,0
5	34,5
6	36,0
7	37,0
8	38,5
9	40,0
10	40,5
11	42,0
12	43,0
13	44,0
14	44,5
15	45,0
16	45,5
17	46,5
18	47,0
19	48,0
20	48,5
21	49,0
22	49,0
23	49,5
24	50,0
25	50,5
26	51,0
27	51,0
28	51,0
29	51,5
30	51,5
31	52,0
32	52,0
33	52,0
34	52,5
35	53,0
36	53,0
37	53,5
38	53,5
39	54,0
40	54,0
41	54,0
42	54,0
43	54,0

* **Água:**
 massa inicial = 49,5 g

* **Tensão = 6,0 V**

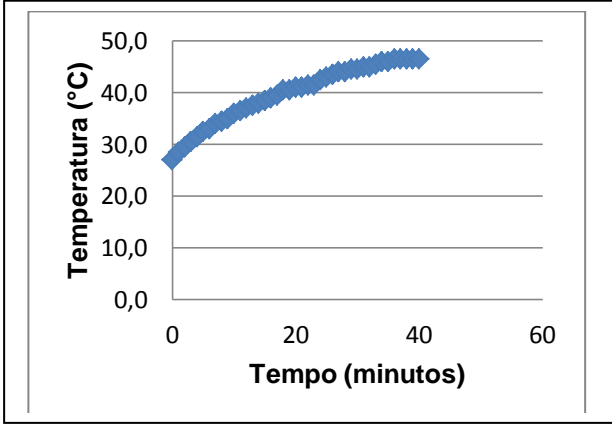
* **Intensidade da corrente elétrica = 1,06 A**



Tempo(minutos)	Temperatura(°C)
0	27,0
1	28,5
2	29,5
3	30,5
4	31,5
5	32,5
6	33,0
7	34,0
8	34,5
9	35,0
10	36,0
11	36,5
12	37,0
13	37,5
14	38,0
15	38,5
16	39,0
17	39,5
18	40,5
19	40,5
20	41,0
21	41,0
22	41,5
23	41,5
24	42,5
25	43,0
26	43,5
27	44,0
28	44,0
29	44,5
30	44,5
31	45,0
32	45,0
33	45,5
34	46,0
35	46,0
36	46,5
37	46,5
38	46,5
39	46,5
40	46,5

* **Água:**
 massa inicial = 54,10 g
 massa final = 53,60 g

* **Tensão = 8,0 V**
 * **Intensidade da corrente elétrica = 720 mA**

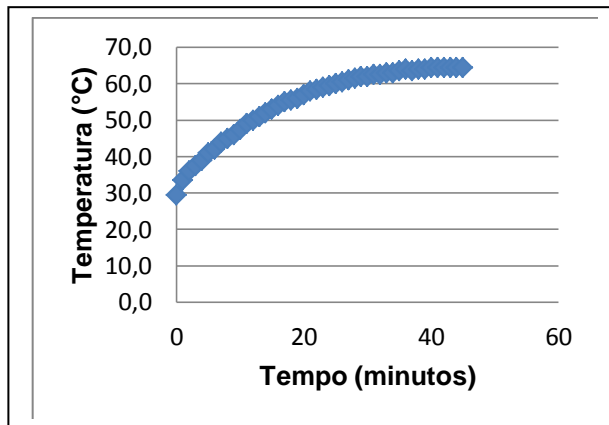


Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	29,5
1	33,5
2	36,0
3	37,5
4	39,0
5	41,0
6	42,0
7	44,0
8	45,0
9	46,0
10	47,5
11	49,0
12	50,0
13	51,0
14	52,0
15	53,0
16	54,0
17	55,0
18	55,5
19	56,0
20	57,0
21	58,0
22	58,5
23	59,0
24	59,5
25	60,0
26	60,5
27	61,0
28	61,5
29	62,0
30	62,0
31	62,5
32	62,5
33	63,0
34	63,0
35	63,5
36	64,0
37	63,5
38	64,0
39	64,0
40	64,5
41	64,5
42	64,5
43	64,5

* **Água:**
 massa inicial = 55,8 g

* **Tensão = 9,0 V**

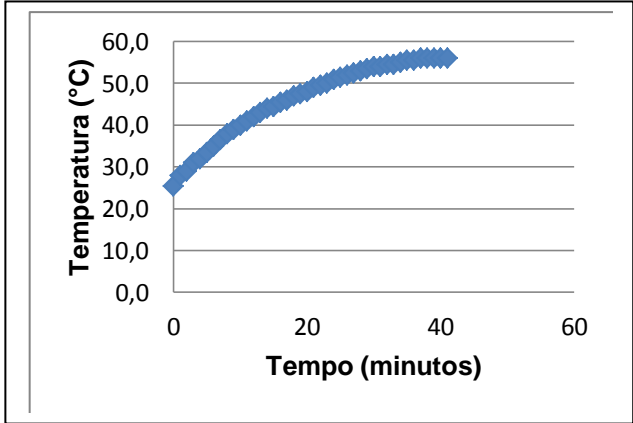
* **Intensidade da corrente elétrica = 1,145A**



Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	25,5
1	28,0
2	29,0
3	31,0
4	32,0
5	33,5
6	35,0
7	36,5
8	38,0
9	39,0
10	40,0
11	41,0
12	42,0
13	43,0
14	44,0
15	44,5
16	45,5
17	46,0
18	47,0
19	47,5
20	48,0
21	49,0
22	49,5
23	50,0
24	51,0
25	51,5
26	52,0
27	52,5
28	53,0
29	53,5
30	54,0
31	54,0
32	54,5
33	54,5
34	55,0
35	55,5
36	55,5
37	56,0
38	56,0
39	56,0
40	56,0
41	56,0

*** Água:**
 massa inicial = 48,3 g
 massa final = 46,9 g

*** Tensão = 10 V**
*** Intensidade da corrente elétrica = 870 mA**

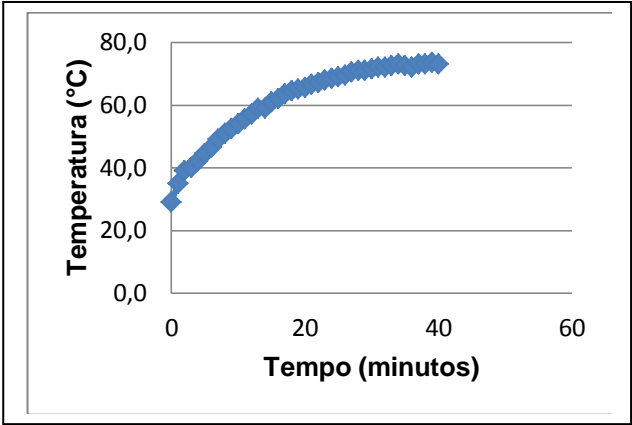


Tempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	29,0
1	35,0
2	39,0
3	40,0
4	42,0
5	44,5
6	46,5
7	49,0
8	51,0
9	52,5
10	54,0
11	55,5
12	57,0
13	59,0
14	59,0
15	61,0
16	62,0
17	63,5
18	64,5
19	65,0
20	65,5
21	66,5
22	67,0
23	68,0
24	68,5
25	69,0
26	69,5
27	70,5
28	71,0
29	71,0
30	71,5
31	72,0
32	72,0
33	72,5
34	73,0
35	72,5
36	72,0
37	73,0
38	73,0
39	73,5
40	73,0

* **Água:**
 massa inicial = 59 g

* **Tensão = 11 V**

* **Intensidade da corrente elétrica = 1,160 A**



APÊNDICE 6.2

LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

DATA: _____

ALUNO 1(opcional): _____

ALUNO 2(opcional): _____

SÉRIE: _____ **CURSO:** _____

01) O que vocês entendem por:

- Temperatura:

- Calor:

02) Quais as principais unidades usadas para medir:

- Temperatura:

- Calor:

03) “Quando um corpo quente aquece um corpo frio, suas temperaturas variam igualmente? [...] Podemos afirmar que a temperatura passou de um corpo para outro?” [1]

04) “Dois blocos, um de madeira e outro de metal, estão à mesma temperatura. Explique por que, quando tocamos os blocos à temperatura ambiente, o de metal parece estar mais frio do que o de madeira, e quando eles estão quentes ao tocá-los, o de metal parece-nos mais quente do que o de madeira. [...]” [1]

05) (FUVEST-SP) Uma dona de casa em Santos, para seguir a receita de um bolo, precisa de uma xícara de água a 50 °C. Infelizmente, embora a cozinha seja bem aparelhada, ela não tem termômetro. Como pode a dona de casa resolver o problema? (você pode propor qualquer procedimento correto, desde que não envolva termômetro.)

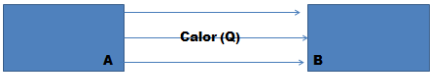
[1] HALLIDAY, D.; RESNICK, ROBERT. *Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termologia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991, página 192.

APÊNDICE 6.3

SLIDES DA REVISÃO SOBRE OS CONCEITOS BÁSICOS DE TERMOLOGIA

CALOR

É energia térmica em trânsito entre corpos de diferentes temperaturas.



Temperatura A > Temperatura B → Energia A > energia B

A transferência da energia térmica cessa no momento em que os dois corpos atingirem a mesma temperatura: o EQUILÍBRIO TÉRMICO.

Slide 1

UNIDADES DE MEDIDAS

- * A unidade de calor, no SI, é o Joule (J);
- * Ainda se usa bastante a caloria (cal).
- * Equivalência mecânica do calor:

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

Slide 2

CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE

Se a energia fornecida (Q) a um corpo se transforma em energia cinética nas moléculas, tem-se uma variação da velocidade das mesmas, ou seja, variação de temperatura, neste caso chama-se **CALOR SENSÍVEL (Qs)**.

Se a energia fornecida (Q) a um corpo se transforma em energia potencial, as moléculas, mudam de posição sem variar a velocidade, a substância muda de estado físico, neste caso chama-se **CALOR LATENTE (Ql)**.

Slide 3

CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE

Se a energia fornecida (Q) a um corpo se transforma em energia cinética nas moléculas, tem-se uma variação da velocidade das mesmas, ou seja, variação de temperatura, neste caso chama-se **CALOR SENSÍVEL (Qs)**.

Se a energia fornecida (Q) a um corpo se transforma em energia potencial, as moléculas, mudam de posição sem variar a velocidade, a substância muda de estado físico, neste caso chama-se **CALOR LATENTE (Ql)**.

Slide 4

CALOR ESPECÍFICO (c)

É a quantidade de calor necessária que que se altere numa unidade de massa da substância uma unidade no valor da temperatura

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad \longrightarrow \quad Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Se considerarmos apenas a quantidade de calor (Q) para variar a temperatura de um corpo, sem levar em consideração sua natureza, temos a CAPACIDADE TÉRMICA (C).

$$c = \frac{Q}{\Delta T} \quad \longrightarrow \quad C = \frac{C}{m}$$

Slide 5

MUITO IMPORTANTE!

- capacidade térmica (C) é uma característica do corpo e não da substância.
- Portanto, diferentes blocos de alumínio têm diferentes capacidades térmicas, apesar de serem da mesma substância.
- calor específico (c) é uma característica da substância e não do corpo.
- Portanto cada substância possui o seu calor específico.

Slide 6

Tabela com alguns valores de calor específico.

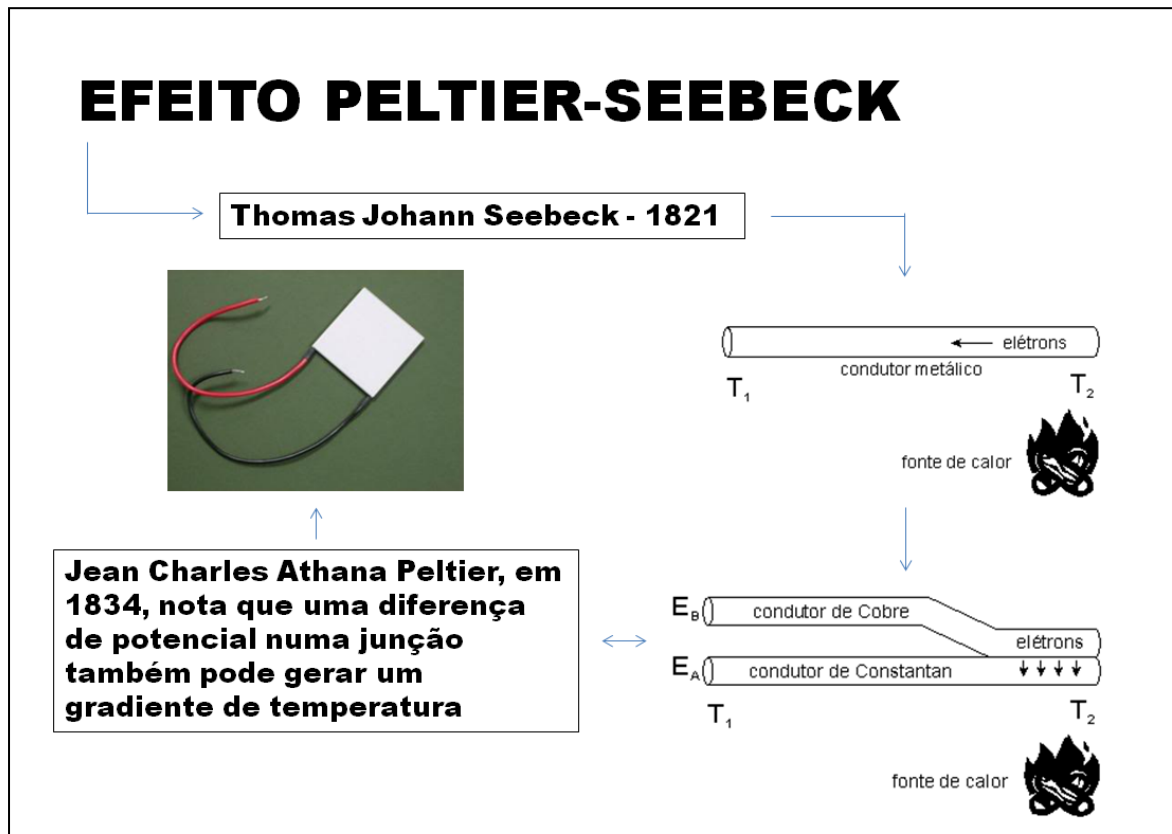
Substância	Calor Específico (cal/g°C)
água	1,000
álcool	0,580
alumínio	0,219
chumbo	0,031
cobre	0,093
ferro	0,110
gelo	0,550
mercúrio	0,033
prata	0,056
vidro	0,200
vapor d'água	0,480

■ O calor específico possui uma certa variação com a temperatura. A tabela mostra um valor médio.

Slide 7

APÊNDICE 6.4

SLIDE USADO PARA APRESENTAR OS MÓDULOS DE PELTIER



APÊNDICE 6.5

ROTEIRO DA AULA EXPERIMENTAL

CARACTERIZANDO UMA PASTILHA TERMOPAR

DATA: _____

ALUNO 1(opcional): _____

ALUNO 2(opcional): _____

ALUNO 3(opcional): _____

SÉRIE: _____ **CURSO:** _____

PROCEDIMENTO:

Pesa-se a substância que será usada, fixa-se uma diferença de potencial, verifica-se o valor da respectiva corrente elétrica e anota a temperatura a certos intervalos de tempo (12 intervalos).

MATERIAL:

PRÁTICA:

- **Substância:** _____
- **Fonte:** _____
- **Termômetro:** _____

PARTE QUENTE (AUMENTO DA TEMPERATURA)

- **Para 1,5 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

Para 3,0 V – corrente elétrica: _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

• **Para 4,5 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

• **Para 6,0 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 7,5 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 9,0 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 12 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

APÊNDICE 6.6

AVALIAÇÃO DA AULA PELOS ALUNOS

Olá,

Hoje você revisou conceitos importantíssimos de termodinâmica e entrou em contato com um efeito físico descoberto no início do século XIX que, embora seja muito usado em instrumentação, principalmente para verificar temperaturas, e na fabricação de pequenas geladeiras, bebedouros, pilhas atômicas etc, ainda é pouco conhecido por professores de física e engenheiros.

Existe um grande apelo para que os professores realizem experimentos durante as aulas de física, mas muitas vezes isso é inviável.

Quanto a experimentos de termodinâmica o problema se agrava devido ao fato de ter que levar para classe fontes de calor e/ou de frio, o que representa um grande risco, pois as fontes de calor normalmente são fogareiros, lamparinas, bico de Bunsen, e as fontes frias são gelos, gelos secos, o que causam sujeira e são "difíceis" de se manusear.

Penso que podemos usar as pastilhas de Peltier como fontes de calor e/ou de frio, eliminando os riscos de acidentes, fazendo menos sujeira, além de colocar os alunos em contato com o efeito Peltier-Seebeck.

Peço que pense nas questões abaixo e me envie suas respostas o mais rápido que puder.

Você pode escanear essa folha e me enviar: prof.aguinaldofisica@gmail.com

Obrigado!

Prof. Aguinaldo

Aluno (opcional): _____ **Série:** _____ **Curso:** _____

OBS.: Se quiseres ser mais detalhista, podes escrever além dos retângulos, podes até anexar outras folhas a essa.

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

_____ _____ _____

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

_____ _____ _____

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

_____ _____ _____

04) O que achas que pretendo fazer com os dados que recolhestes (corrente elétrica, diferença de potencial, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações sobre a pastilha podem ser obtidas das medidas que você fez?

_____ _____ _____

05) Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Peltier, tipo: verificação de capacidades térmicas de alguns corpos, verificação do calor específico de algumas substâncias, verificação da validade das leis da termodinâmica, ...e as descreva.

_____ _____ _____

APÊNDICE 6.7

O PRODUTO: Apostila

[OBS.:O sumário do produto aqui, seguirá a paginação da dissertação]



MATERIAL DE APOIO

AS PASTILHAS TERMOPAR NAS AULAS EXPERIMENTAIS DE TERMOLOGIA

Este trabalho é o produto apresentado junto com a Dissertação de Mestrado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo sul fluminense, Universidade Federal Fluminense (UFF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Autor: Aguinaldo Valdecir dos Santos (Aguinaldo@feg.unesp.br)

Orientador: Professor Doutor Thadeu J. P. Penna (tjpp@id.uff.br)

SUMÁRIO

I – APRESENTAÇÃO.....	74
II – INTRODUÇÃO.....	74
III – OS MÓDULOS DE PELTIER.....	76
IV – APLICAÇÕES	78
IV.1 – APLICAÇÃO NA 1ª SÉRIE	79
IV.2 – APLICAÇÃO NA 3ª SÉRIE	82
IV.2.1 LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES	82
IV.2.2 SOCIALIZAÇÃO DAS RESPOSTAS	83
IV.2.3 APRESENTAÇÃO DOS MÓDULOS DE PELTIER	83
IV.2.4 A ATIVIDADE PRÁTICA	84
IV.2.5 A DISCUSSÃO SOBRE A PRÁTICA	85
V – SUGESTÕES PARA PESQUISAS.....	89
VI – RECOMENDAÇÕES.....	91
VII – OBRAS CITADAS	91
VIII - APÊNDICES	92
APÊNDICE A	92
APÊNDICE B	93
APÊNDICE C	94
APÊNDICE D	97

I – APRESENTAÇÃO

Este material visa dar suporte aos professores que queiram utilizar em suas aulas experimentais as pastilhas termopar, e/ou explorar os fenômenos termoelétricos, aprofundando conceitos de eletricidade e termologia, desenvolvendo ou melhorando habilidades e competências de observação, obtenção de medidas, manipulação de equipamentos; atuando em aulas inovadoras que possam motivar a aprendizagem.

Para justificar essas práticas, faremos uma rápida análise de alguns problemas no ensino brasileiro, cuja solução exige a coragem para novas abordagens metodológicas, onde a experimentação ocupa papel importante, sendo indicada como ferramenta para a aplicação da teoria sócio histórica de Vigotsky.

Apresentaremos umas noções básicas sobre o efeito Peltier-Seebeck, para facilitar o entendimento do funcionamento das pastilhas termopar.

Em seguida, como exemplo, descreveremos duas atividades bem sucedidas, de metodologias diferentes, onde o uso desses módulos permitiu motivar os alunos, que alcançaram uma aprendizagem realmente significativa.

Em seguida apresento algumas fontes onde outras atividades podem ser encontradas e adaptadas para a realidade de cada turma.

II – INTRODUÇÃO

São muitos os fatores que nos levam a acreditar que a educação brasileira merece uma atenção especial.

Tomemos como referencial concreto a avaliação comparada, aplicada a estudantes na faixa dos 15 anos em mais de 65 países, o PISA, Programme for International Student Assessment; desenvolvido e coordenado pela OCDE, Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico; e coordenado no Brasil pelo Inep, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio

Teixeira. Nele o Brasil nunca foi destaque, mas nos últimos anos piorou, estamos indo no sentido contrário da evolução.

É indiscutível que a falta de alfabetização científica é muito nociva a toda comunidade, trazendo problemas nas áreas da saúde, segurança e, principalmente no desenvolvimento tecnológico e econômico. Isso já fora percebido há muito tempo; já em 1920, quando intelectuais e educadores que acreditavam ser possível transformar o país pela educação, lançaram o “Movimento Renovador”, que defendia “[...] o incremento da física tendo em vista a perspectiva de industrialização (...) e o fortalecimento de uma tecnologia nacional que tirasse o país do subdesenvolvimento”. (AFONSO, CHAVES, 2015, p. 5-6).

Sabemos que existem diversas variáveis envolvidas nesse problema: péssimas estruturas físicas e falta de equipamentos na maioria das escolas, tempo de aula muito curto, excesso de alunos nas classes, falta de tempo extra-classe, professores com excesso de aulas, entre outras (BERGOLD, RUIZ, 2005, p. 2).

É imprescindível uma alteração na metodologia dominante, é preciso que os professores inovem em suas práticas, tenham mais autonomia para escolherem as melhores propostas pedagógicas para a clientela com quem trabalha, é preciso:

“produzir no conhecimento das crianças o conhecimento não dos nomes das coisas, não do que se diz delas, mas dos fenômenos e obras da natureza, tais quais se revelam imediatamente aos olhos dos alunos, desenvolver as faculdades de observação, de assimilação, de invenção, de produção, formar o juízo, a independência de espírito [...] estabelecer o ensino experimental que fecunda os ‘órgãos do pensamento’, organizar a inteligência e não mobilizar a memória [...], eis o plano, o alvo da instrução científica [...]... na escola popular”.(RUI BARBOSA⁵, 1922 apud AFONSO, CHAVES, 2015, p. 9)

É preciso que o ensino de ciências abandone seu formalismo excessivo, todo um acúmulo de informações descontextualizadas e excesso de operacionalismo, priorizando o desenvolvimento de habilidades e competências

⁵Prefácio do volume II da obra *Problemas Práticos de Physica Elementar*, de H. L. Silva, adotada pela Diretoria Geral de Instrução Pública do Distrito Federal em 22/04/1916, e pela Secretaria Geral do Estado do Rio em 21/11/1923.

científicas, além do conteúdo conceitual básico (ALMEIDA, SASSERON, 2013, p. 1188)

As atividades experimentais podem e devem ser exploradas nas mais diversas propostas pedagógicas, e têm potencial para acelerar a alfabetização científica. Por isso foi uma das propostas do Movimento Renovador do início do século e continua, até hoje, sendo muito defendida por quase todos os que trabalham com educação.

As atividades experimentais ganham uma grande importância na teoria de Vygotsky, pois são momentos de intensa interação social, onde indivíduos de mesmas zonas de desenvolvimento proximal utilizam de vários instrumentos e signos para solucionar seus problemas, necessitando do domínio da linguagem para alcançarem seus objetivos.

Portanto as aulas experimentais, defendidas por tantos pensadores, tão difícil de ser realizada devido a diversos fatores que já foram citados e a outros que, aqui e agora não é pertinente serem comentados, devem ser implantadas, devem fazer partes da rotina das aulas de Ciências, pois trazem um potencial de crescimento cognitivo e social enorme.

III – OS MÓDULOS DE PELTIER

A termoeletricidade estuda as relações entre as propriedades elétricas e térmicas dos materiais, visando, além do puro entendimento de diversos fenômenos, como o aumento da resistência elétrica com o aumento da temperatura, por exemplo, também criar dispositivos capazes de medir temperaturas com maior precisão e técnicas diferenciadas; desenvolver fontes de calor, sólidas, pequenas e de fácil manuseio, que permitam aquecer ou resfriar equipamentos diversos.

O fenômeno termoelétrico foi descoberto pelo T. J. Seebeck em 1821, que conseguiu fazer circular uma corrente elétrica em um circuito fechado, formado por dois condutores metálicos diferentes, ao submeter suas junções à temperaturas diferentes.

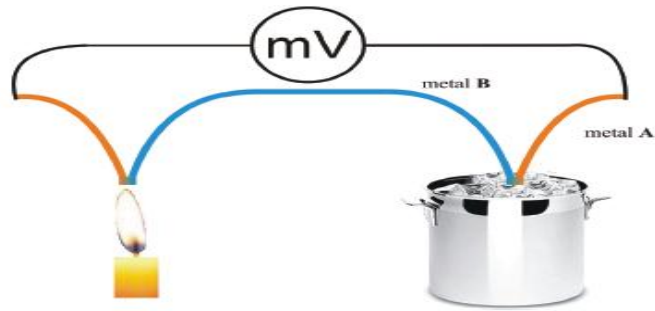


Figura 1: O efeito Seebeck

[Fonte: <http://www.univasf.edu.br/~joseamerico.moura/index_arquivos/Cap6.pdf>. Acesso em julho de 2016]

Em 1834, Jean Charles Athanase Peltier, descobre um efeito inverso ao efeito Seebeck, ou seja, ao fazer uma corrente elétrica circular num circuito formado por condutores diferentes, surge em suas junções um gradiente de temperatura.

“Denominamos por efeito Seebeck a geração de eletricidade a partir da diferença de temperaturas. O efeito inverso, ou seja, a geração de diferença de temperatura a partir de eletricidade é denominado efeito Peltier. É usual aos livros científicos se referirem a ambos os efeitos como duas faces de um mesmo fenômeno denominado de efeito Peltier-Seebeck.” (KAKIMOTO, 2013):

Os efeitos termelétricos ocorrem pelo fato dos elétrons livres de cada condutor, do par termoeletrico, variarem seus deslocamentos em função da temperatura de modos diferentes. Isso faz com que a difusão dos elétrons nas junções ocorra em ritmos diferentes.

Um elemento termopar consiste na junção de dois fios de ligas metálicas, de diferentes materiais. Portanto é fácil de ser montado, basta escolher corretamente as ligas, o que pode ser pesquisado na norma NBR 12771, que traz muitas outras informações importantes sobre esses elementos.

Letra de código	Termoelemento	
	Positivo	Negativo
R	Platina - 13% ródio	Platina
S	Platina - 10% ródio	Platina
B	Platina - 30% ródio	Platina - 6% ródio
J	Ferro	Cobre-níquel
T	Cobre	Cobre-níquel
E	Níquel-cromo	Cobre-níquel
K	Níquel-cromo	Níquel-manganês-silício-alumínio
N	Níquel-cromo-silício	Níquel-silício

Figura 2: Designação dos tipos de Termopar

[Fonte: Disponível em <<http://www.boxindustrial.com.br/wp-content/uploads/2015/08/NBR-12771-Termopares-Tabelas-De-Referencia.pdf>>. Acesso em julho de 2016]



Figura.3: Termopar feito de cobre e arame
[Fonte: KAKIMOTO, 2013, p. 8]

Com o desenvolvimento dos semicondutores, hoje estão disponíveis no mercado diversos elementos termopares, também chamados de módulos Peltier ou pastilhas termoelétricas.

Esses módulos estão sendo cada vez mais utilizados, principalmente nos setores de consumo, automotivo, industrial e militar, pois podem operar como bombas de calor, apresentando diversas vantagens: “a ausência de peças móveis, gás freon, barulho e vibração; além do tamanho reduzido, alta durabilidade e precisão.” (Peltier, 2016)



Figura 4: Módulos de Peltier comerciais
[Fonte: Disponível em <<http://www.peltier.com.br>>. Acesso em julho de 2015]

IV – APLICAÇÕES

Tendo como foco a importância das aulas práticas no ensino de Física e o valor da socialização no processo de ensino e aprendizagem, dos trabalhos em equipe, como já fora discutido anteriormente, resolvemos fazer duas aplicações:

uma para as 1^{as} séries do ensino médio e a outra para as 3^{as} séries, também do ensino médio.

Ambas as aplicações são práticas que, até o momento, ainda não foram exploradas em outras aulas, pois além de se usar as pastilhas de Peltier como agente motivador, ainda visam à confecção de produtos usando as pastilhas, isso para as 1^a séries; e fazer com que os alunos das 3^a séries descubram, a partir dos dados experimentais obtidos por eles, a importância da evaporação nas curvas de aquecimento, discutindo o quanto as “idealizações” feitas nos exercícios dos livros didáticos [ignorando atritos, resistência do ar, considerando os sistemas perfeitamente isolados etc] levam a descrições equivocadas dos fenômenos naturais.

Estas aplicações também exploram e desenvolvem as habilidades dos alunos em manusear aparelhos de medições, montar tabelas e discutir relações entre as grandezas, conduzindo efetivamente a uma aprendizagem significativa, de modo que:

“O novo conhecimento adquire significados para o aprendiz e o conhecimento prévio [aquele que ele já possui] fica mais rico, mais diferenciado, mais elaborado em termos de significados, e adquire mais estabilidade.”(MOREIRA, 1999⁶, 2000⁷, 2006⁸ apud MOREIRA, 2013, p. 225)

IV.1 – APLICAÇÃO NA 1ª SÉRIE

Eu sugeri que fizessem uma pesquisa, escolhessem dois trabalhos e passassem para mim a descrição dos trabalhos e suas fontes; após eu analisar suas escolhas faria a seleção entre os dois, para que o confeccionassem e apresentassem na nossa feira de ciências, que ocorreria uns dois meses depois.

Informados sobre qual trabalho fora selecionado, cada equipe deveria estar com o trabalho confeccionado até um mês antes, e me entregar um relatório escrito sobre a pesquisa e sua execução.

Fizemos isso embasados nas metodologias do ensino por projetos, que:

⁶MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.

⁷MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizaje significativo: teoria y práctica*. Madrid: VISOR, 2000.

⁸MOREIRA, Marco Antônio. *A aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora da UnB, 2006.

“[...] defendem a idéia [sic] de que o aluno aprende participando, tomando atitudes diante dos fatos, investigando, construindo novos conceitos e informações, e selecionando os procedimentos apropriados quando diante da necessidade de resolver problemas.”(HERNANDEZ, 1998⁹; FREIRE, 1997¹⁰ apud www.conteudoescola, 2004)

Sabíamos que algumas equipes me procurariam para eu sugerir atividades. Quando isso aconteceu, sugeri a duas equipes que pesquisassem sobre o efeito Peltier-Seebeck, os módulos Peltier e algum equipamento que eles poderiam fazer usando esse assunto.

Como se tratava de um trabalho piloto, sobre um assunto que não é explorado no ensino médio [inclusive, vários dos colegas que ministram aulas no ensino técnico não conheciam o efeito Peltier-seebeck], resolvemos não arriscar envolvendo toda classe, por isso escolhi apenas duas equipes, em função do quanto seus membros se envolviam nas aulas de física.

Uma equipe resolveu fazer uma mini geladeira refrigerada com pastilhas Peltier, tomando como base um vídeo que encontraram na internet [YouTube, Peltier].



Figura 5: Geladeira com pastilha termopar, feita pelos alunos.
[Fonte: próprio autor]

Na parte de cima da caixa de isopor havia uma pastilha termopar com a superfície fria voltada para o interior da caixa; sobre a superfície quente dessa

⁹HERNANDEZ, Fernando. *Transgressão e Mudança na educação: Os Projetos de Trabalho*. Porto Alegre, RS: ED. ARTMED, 1998.

¹⁰FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia*. Petrópolis, RJ: Ed. Vozes, 1997.

pastilha, que estava voltada para o lado de fora da caixa, colocaram um dissipador de calor, conforme imagem esquematizada abaixo:

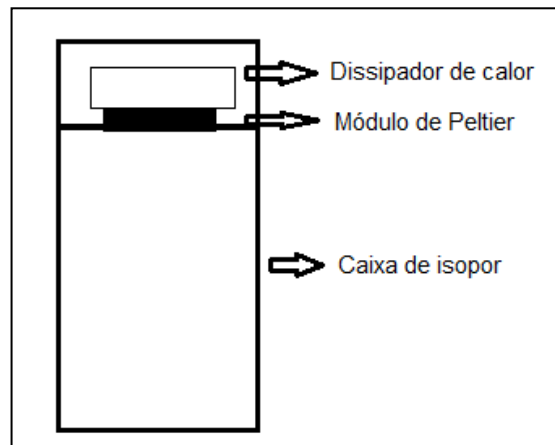


Figura 6: Croqui da Geladeira com pastilha termopar.
[Fonte: próprio autor]

A outra equipe resolveu acender um led usando uma pastilha termopar, como tinham visto num vídeo na internet [YouTube, Manual do Mundo].



Figura 7: Gerador termoelétrico acendendo um led, feito pelos alunos.
[Fonte: próprio autor]

Colocaram entre duas latas metálicas uma pastilha termopar, muito bem fixada, usaram pasta térmica para aumentar o contato entre as superfícies do módulo e das latas. Colocaram gelo na lata que estava do lado da superfície fria da pastilha, e água fervente na lata que estava do lado da superfície quente da

pastilha; ao fazerem isso, um led que estava ligado nos terminais da pastilha acendeu.

IV.2 – APLICAÇÃO NA 3ª SÉRIE

IV.2.1 LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES¹¹

Num primeiro momento verifiquei o que o aluno já sabia sobre o tema a ser explorado, fiz um levantamento de seus conhecimentos prévios.

Esse levantamento dos conhecimentos prévios foi imprescindível para a execução das etapas seguintes, pois me ajudou a escolher as palavras e posturas para as próximas atividades e a montar os grupos de trabalho, procurando colocar num mesmo grupo alunos que possuam zonas de desenvolvimento proximal parecidas.

Em duplas tiveram 15 minutos para responder um questionário com 05 questões [veja Apêndice A], cada uma com objetivos bem definidos:

- 1ª questão: verificar se estavam claros para eles os conceitos de calor e temperatura;
- 2ª questão: Verificar a importância que dão às unidades, medidas, sistemas de unidades e se são capazes de perceber que calor é energia, afinal, ambos possuem a mesma unidade;
- 3ª questão: Verificar suas noções sobre trocas de calor e a importância do material nesse processo;
- 4ª questão: Verificar suas ideias sobre condutividade térmica;
- 5ª questão: Verificar suas noções da relevância das quantidades de matéria durante as trocas de calor e suas habilidades em propor ações para resolver problemas práticos.

¹¹Subsunçor, ou conceito subsunçor, é definido por Ausubel como uma estrutura de conhecimentos específicos sobre determinado tema (MOREIRA, 2013, p. 161).

IV.2.2 SOCIALIZAÇÃO DAS RESPOSTAS

Num segundo momento, numa atividade que devia durar 15 minutos, mas que se estendeu por 26 minutos, embasado na ênfase que Vygotsky dá as origens sociais dos processos psicológicos superiores, socializamos as respostas dadas pelos alunos no questionário anterior.

Segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho, levar os alunos a argumentarem é, em algumas turmas, uma tarefa muito difícil, mas o professor deve insistir, criando oportunidades para que os alunos exponham suas ideias, pois isso aumentará a segurança e o envolvimento destes com as práticas científicas (2007, p. 31):

“A habilidade de levar os alunos a argumentarem merece ser trabalhada pelos professores nas aulas de ciências, pois é pela exposição argumentativa de suas idéias que os aprendizes constroem as explicações dos fenômenos e desenvolvem o pensamento racional” (op. cit., p.31).

Eu lia a questão e os alunos liam suas respostas.

Diante de cada resposta, eu ou qualquer outro aluno que quisesse podia fazer comentários e outras questões pertinentes, complementando e eliminando erros da resposta dada pelo colega.

IV.2.3 APRESENTAÇÃO DOS MÓDULOS DE PELTIER

Nesta etapa, estipulada para durar 10 minutos, mas que durou 16 minutos, pois os alunos usaram um tempo maior que o esperado para manusear as pastilhas, não visávamos discutir detalhadamente os conceitos que explicam cientificamente o efeito Peltier-Seebeck.

Nós optamos por apresentar um dispositivo que se utiliza desse efeito, as pastilhas termopar, sendo muito úteis nas indústrias e em pequenos equipamentos comuns em nosso dia a dia, como os bebedouros, por exemplo.

Nessa abordagem, resolvemos utilizar os mapas conceituais, que:

“[...] devem ser entendidos como diagramas bidimensionais que procuram as relações hierárquicas entre conceitos de um corpo de conhecimento e que derivam sua existência da própria estrutura conceitual desse corpo de conhecimento.” (MOREIRA, 1980¹² apud MOREIRA, 2006, p. 10).

Usei um slide dinâmico [veja apêndice B], em que o mapa conceitual era montado aos poucos, diante dos alunos, apresentando movimentos e sons, a medida que as ideias iam fluindo.

Concomitantemente à apresentação, cada dupla de alunos manuseavam uma pastilha termopar, ligando-a a fonte e confirmando que uma das superfícies aquecia enquanto a outra se esfriava.

IV.2.4 A ATIVIDADE PRÁTICA

O grupo de alunos foi dividido em 05 equipes de 03 alunos.

A cada equipe foi pedido que:

- usando uma balança, verificasse a massa de água contida num Becker;
- colocasse esse Becker com água sobre a superfície quente de um módulo de Peltier;
- fixasse dentro da água um termômetro;
- ligasse a pastilha de Peltier a uma fonte;
- fixando uma tensão, pois a fonte era regulável, anotasse a corrente que o amperímetro indicava.
- finalmente, construísse uma tabela informando a temperatura em diversos instantes.

¹²MOREIRA, M. A. *Mapas conceituais como instrumentos para promover a diferenciação conceitual progressiva e a reconciliação integrativa*. Ciência e Cultura, v. 32, n. 4, 1980.



Figura 8: Montagem do experimento
[Fonte: Próprio autor]

Pedi que repetissem o procedimento para o maior número de tensão possível, preenchendo as tabelas que lhes dei [veja apêndice C].

Informei que usaria as medidas feitas por eles para esboçar os gráficos da temperatura versus tempo; depois discutiria os resultados diante de toda a classe, verificando quantos alunos conseguiriam perceber, com esses dados, uma diferença entre uma certa teoria apresentada em classe e o fenômeno observado na prática.

Solicitei que me enviassem por escrito, ou no formato digital, como lhes fosse mais prático, um questionário [veja apêndice D], para que eu avaliasse o impacto da descoberta do efeito Peltier-Seebeck em suas formações e, principalmente, obtivesse sugestões para sua aplicação didática.

IV.2.5 A DISCUSSÃO SOBRE A PRÁTICA

Dos 15 alunos, 04 não entregaram o questionário.

De início, pedi que enumerassem alguns fatores que poderiam ter nos levado a erros. Foram citados por eles:

- Não se tem certeza se os aparelhos de medição, voltímetro, amperímetro, balança e cronômetros estavam bem aferidos.
- Os Beckeres ou balanças usados, com certeza não eram precisos, pois em um Becker que indicava 40 ml de água, verificamos uma massa de água de 36,1 g, o que não coincide com a densidade tabelada da água, 1 g/cm^3 .

- Os termômetros deviam possuir uma precisão maior do que $0,5^{\circ}\text{C}$.
- Analisamos como se o sistema estivesse isolado, mas ocorriam trocas de calor com o recipiente e com o meio.

Pedi que formassem grupos de 03 alunos e calculassem o calor específico da água.

Coloquei na lousa diversas fórmulas, de diversas áreas da física, eles deveriam descobrir quais utilizar.

Esse cálculo foi fácil para a maioria, apenas um grupo precisou de uma atenção especial.

Conhecendo a tensão (V) e a corrente elétrica (i) calcularam a potência (P), usando $P = i \cdot V$. Escolheram um intervalo de tempo e determinaram a quantidade de energia fornecida ao sistema nesse período, usando $P = E/\Delta t$. Acertaram as unidades, transformando o joule em calorias, considerando que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$. Com esse valor ($E = Q$) mais a massa da água (m) e a variação de temperatura (ΔT) no intervalo de tempo considerado, usando $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, calcularam o calor específico (c) da água.

No primeiro cálculo apenas um grupo chegou num valor próximo, $1,4 \text{ cal/g}^{\circ}\text{C}$, os demais acharam valores bem maiores, iguais e até maiores que o dobro do valor tabelado.

Na socialização dos resultados verificamos que, quanto menor o intervalo de tempo considerado, mais o resultado dos cálculos se aproximava do valor esperado.

Perguntei-lhes o por quê disso.

A discussão convenceu a todos que não podíamos atribuir esse detalhe aqueles fatores de erros citados anteriormente.

Para inspirá-los, li alguns enunciados de exercícios onde pediam para desprezar os atritos, outro exercício que pedia para ignorar a resistência do ar, outro exercício ainda, de gravitação, que pedia para considerar a órbita de um dos planetas do sistema solar uma circunferência perfeita.

Comentei que a resposta para nossa pergunta talvez fosse algo comum a todos esses exercícios.

Um aluno comentou que, ao aumentarmos o intervalo de tempo, provavelmente alguma grandeza ou fenômeno que podiam ser desprezados para intervalos pequenos, começassem a ser mais relevantes.

Exibi para todos, com o auxílio de um datashow, o gráfico para 4,0 V, obtido pelo grupo 04, e o gráfico para 11 V, obtido por mim, disponível logo abaixo:

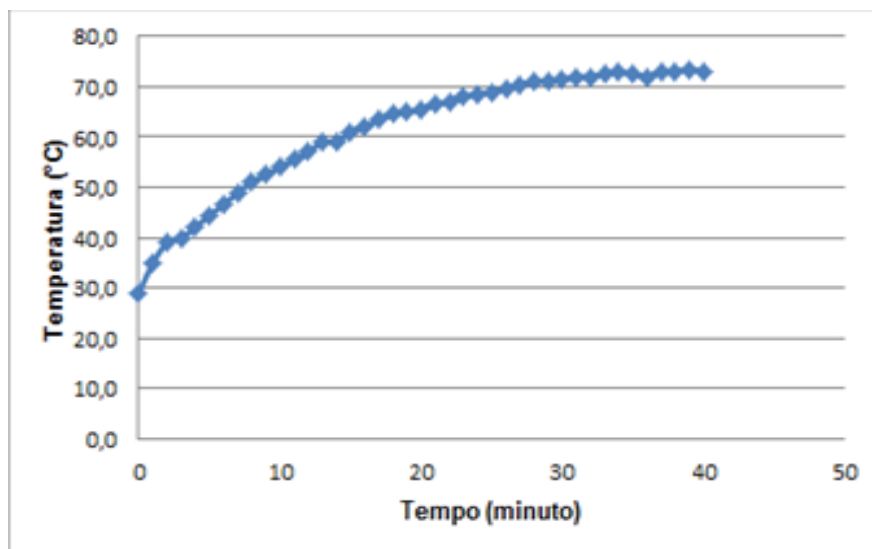


Figura 9: Gráfico gerado por mim para 11 V
[Fonte: próprio autor]

Após os alunos debaterem um pouco sobre o que eu poderia estar querendo ao exibir aqueles gráficos, uma aluna lembrou-se das curvas de aquecimento para as substâncias puras, como a água. Perguntei-lhe se ela sabia esboçar esse gráfico, ela disse que não, mas outro aluno prontamente atendeu, desenhando-o na lousa.

Exibi o gráfico abaixo:

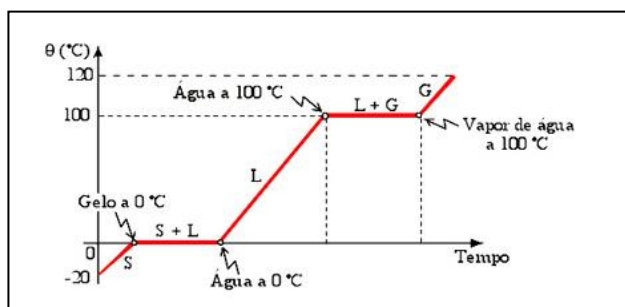


Figura 10: Curva de aquecimento da água
[Fonte: Disponível em: <<http://blogdoenem.com.br/calor-sensivel-e-calor-latente-revisao-de-fisica-enem/>>. Acesso em maio de 2015]

Depois de uma saudável discussão, um aluno comentou que nossos gráficos, os dois primeiros exibidos, faziam uma curva, enquanto que o gráfico visto em física e química, esse último exibido, traçava retas.

O mesmo aluno que relacionou o intervalo de tempo com algum fenômeno que estávamos desprezando, sugeriu que talvez fosse por não estarmos no nível do mar. Isso foi fortemente rebatido pelo aluno que chamou atenção para a diferença nas curvas dos gráficos; ele defendeu que se fizéssemos o mesmo experimento no litoral obteríamos uma curva idêntica.

Foi então que uma aluna chamou a atenção para as condições em que o gráfico idealizado fora traçado, no mais perfeito isolamento. Ela concluiu sua argumentação dizendo que: “se a água não tiver isolada ela evapora, apenas pela temperatura ambiente”.

O aluno que percebeu a diferença entre as curvas nos gráficos, completou: “a diminuição da quantidade de água é responsável pela diferença nos gráficos”.

Outro aluno concluiu que é por isso que quando consideramos intervalos de tempo grandes o cálculo do calor específico foge muito do um (01) esperado. Para intervalos de tempo pequenos, evaporou pouca água, daí os resultados dos cálculos coincidirem mais com a teoria.

Nesse momento exibi o gráfico do Professor Fernando Lang:

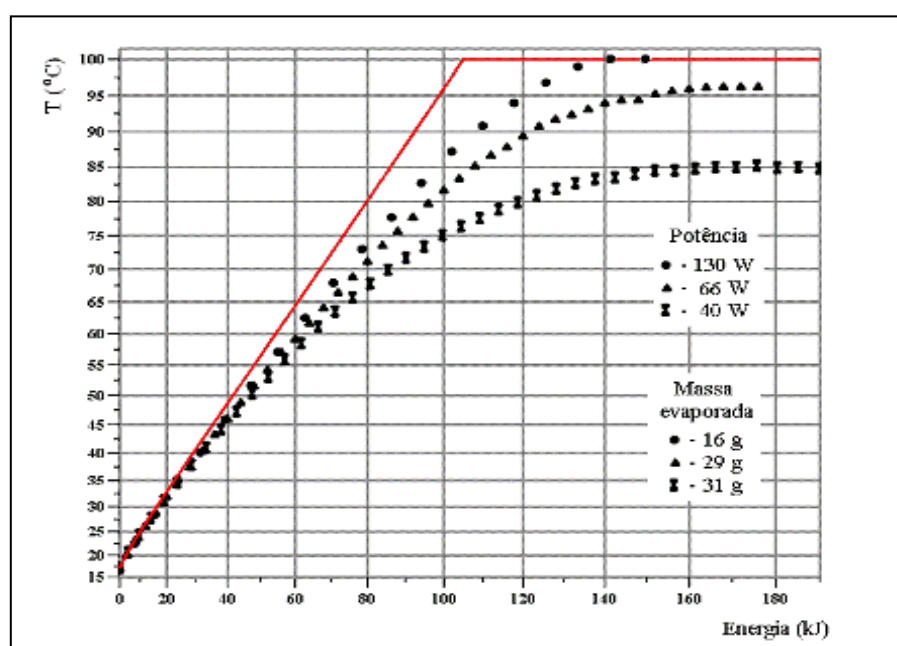


Figura 11: Curva de aquecimento da água obtida pelo Prof. Fernando Lang [Fonte: Disponível em <www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=689>. Acesso em maio de 2015]

Os alunos ficaram imensamente contentes por terem chegado às mesmas conclusões que um grande cientista.

Um deles lamentou-se pelo fato dos inúmeros cálculos feitos em classe não descreverem realmente o fenômeno, ao qual eu expliquei que descrevem sim, mas com uma condição de contorno menor; para pequenas variações dos valores das principais grandezas, os resultados calculados são bem reais.

Outro aluno acrescentou que são tantas grandezas, tantas variáveis, que é impossível equacionar todas, o máximo que podemos fazer é chegar a um valor aproximado, isso inclui até os cientistas, que trabalham em condições muito mais ideais.

Respondi que já existe nas ciências exatas uma ferramenta para contornar esse problema: o cálculo apoiado no caos determinístico.

Eles quiseram saber mais, mas a aula já tinha acabado há uns 20 minutos. Eu lhes disse que não sabia muito sobre o tema, mas que eles têm muito acesso a informação, basta saber usar. Minha função é despertar neles a vontade de descobrir, de ir além; meu sonho é que eles aprendam muito mais que eu.

V – SUGESTÕES PARA PESQUISAS

Existem na internet diversos exemplos interessantes de atividades usando os módulos de Peltier, também muita informação a respeito de seu funcionamento.

Um site com bastante informação é o <http://www.peltier.com.br/>.

Em seguida indicarei nove sites, que foram citados no trabalho de KAKIMOTO (2013), aproveitando a apresentação que ele fez para cada site.

Alguns eu usei como fonte de informação e inspiração.

[1] ____, “Como transformar energia elétrica em energia térmica”, <http://fiscomaluco.com/experimentos/2008/09/15/comotransformar-energia-termica-em-energia-eletrica/>,

“Apresenta de forma didática e com linguagem acessível a descrição do efeito Peltier-Seebeck e como pode ser feito um experimento que comprove a geração de eletricidade através da temperatura. A idéia é apresentada em termos da conversação de energia térmica em energia elétrica.”

[2] RRTD, “Efeito Seebeck”, <http://rrtd.blogspot.com.br/>

“Descreve passo a passo a experiência do Efeito Seebeck e os problemas

encontrados na sua execução. Interessante do ponto de vista de quem precisa reproduzir o experimento.”

[3] Waintraub, F; Mourão F; “Termopares: Teorias e Técnicas”
<http://www.peb.ufrj.br/cursos/eel710/Termopar.pdf>

“Esse material é mais voltado para o estudo dos termopares. Apresenta uma abordagem mais adequada ao ensino superior, pois trata da modelagem matemática do fenômeno e das práticas para confecção e utilização de termopares em instrumentação.”

[4] YouTube: *Efeito Peltier//PeltierEffect*,
<http://www.youtube.com/watch?v=CSmRMt-LmWc>,

“Apresenta o experimento do efeito Seebeck utilizando um conjunto de placas de cobre conectadas às faces de um dispositivo Peltier. As placas são emersas em duas fontes de temperatura: uma quente (café) e outra fria (água gelada) o Peltier é conectado a um motor DC que tem em seu eixo uma hélice acoplada.”

[5] Youtube: *Generate electricity from your body heat*,
<http://www.youtube.com/watch?v=pglOUXKyzFE>

“Nesse experimento o dispositivo Peltier é colocado entre uma placa de alumínio e um dissipador. A placa está em contacto com uma vasilha contendo gelo e o dissipador está em contacto com o ar. Os terminais do Peltier estão conectados a um motor. Um voltímetro e um amperímetro são usados para medir a corrente e a tensão no motor DC. A variação de temperatura é intensificada colocando-se a palma da mão no dissipador e depois com o uso de um maçarico e um aquecedor de cabelo o processo é repetido.”

[6] Youtube: *Peltier as a thermoelectric generator (TEG)*,
<http://www.youtube.com/watch?v=VQxYoJ-X--8>,

“Experimento similar ao mostrado nas referências [4] e [5], usa um motor com uma roda de carrinho acoplado e um multímetro para verificar a tensão gerada. Menos explicativo que os anteriores, faz uso de um isqueiro como fonte de calor.”

[7] Youtube: *Demo of the Seebeck Effect*,
http://www.youtube.com/watch?v=bt5o_rn0FmU,

“Em inglês esse vídeo apresenta o efeito Peltier num contexto de aplicação (sistemas de refrigeração).”

[8] Youtube: *EfectoSeebeckPeltier. Crearelectricidaddel calor*,
<http://www.youtube.com/watch?v=9GBvMf-FDIQ>,

“Em espanhol, esse vídeo explica a diferença dos fenômenos Peltier e Seebeck e mostra passo a passo o experimento de efeito Seebeck utilizando um termopar que é aquecido e fornece até 2 mV de tensão. Utiliza também um conversor Peltier comercial que faz funcionar um pequeno motor entre fonte de água quente (utiliza um radiador para transferir o calor para o Peltier) Consegue até 2 V de tensão DC que alimenta o motor.”

[9]_____ https://www.acontecendoaqui.com.br/canadense-de-15-anos-crialaterna-que-funciona-apenas-com-o-calor-dasmaos/?utm_source=spacemail&utm_medium=email&utm_content=Jornal+Brasilalemanha+contato%40brasilalemanha.com.br&utm_campaign=Edi%E7%E3o+2.185

“Nesse vídeo indicado pelo coordenador da disciplina, uma aluna de ensino

médico canadense construiu uma lanterna utilizando um peltier e tendo como fonte de calor o corpo humano. O projeto é simples e interessante para ser mostrado a alunos do ensino médio.”

VI – RECOMENDAÇÕES

- * Procurar isolar mais o sistema.
- * Para confirmar teorias deve-se usar intervalos de tempos pequenos (menos de 10 min);
- * Para discutir o efeito da evaporação e a necessidade do isolamento térmico, o papel das idealizações nos problemas de Física, deve-se usar intervalos de tempos maiores;
- * Nem todas aquelas etapas usadas na 3ª série precisam ser aplicadas, mas caso opte em explorá-las, seria interessante dividi-la em diversas aulas, ganhando mais tempo para sua discussão.
- * Talvez seja interessante treinar os alunos no manuseio dos aparelhos usados, discutindo as principais causas que levam a erros nas medições, a fim de evitá-las.
- * O modelo usado (TEC1-12706), o mais barato, queima aos 12 V;
- * Se a turma é interessada, professor pode discutir os efeitos termoelétricos e até a Lei de resfriamento de Newton.

VII – OBRAS CITADAS

AFONSO, Julio Carlos, CHAVES, Francisco Artur Braun. Uma proposta inovadora de ensino de física experimental no início do Século XX. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SP. v.37, n.1, 2015.

ALMEIDA, Andrey, SASSERON, Lúcia. As ideias balizadoras necessárias ao professor ao planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo. In: IX Congresso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, 2013, Girona.

BERGOLD, Arthur William de Brito, RUIZ, Victor Enrique Vizcarra. Anistia da Física Experimental no Ensino Médio: iniciando um laboratório didático de Física. In: XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Habilidades de Professores Para Promover a Enculturação Científica. *Contexto & educação*, RS: Ed. Unijuí, ano 22, n. 77, p. 25-49, 2007.

CONTEÚDO ESCOLA, O PORTAL DO EDUCADOR. *Ensino por projetos – Introdução*. Disponível em <<http://www.conteudoescola.com.br/resenhas/69>>. Acesso em fevereiro de 2016.

KAKIMOTO, Luis Carlos. *Efeito Peltier-Seebeck: gerando eletricidade por diferença de temperatura*. Campinas, 2013. 55 f. TCC – Instituto de Física Gleb Wataghin, Unicamp, Campinas, 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de aprendizagem*. 2. Ed. São Paulo: editora E.P.U., 2013. 242 p. cap. 07, 09, 11 e 15.

MOREIRA, Marco Antônio. *Mapas Conceituais e diagrama V*. Disponível em <<http://pt.slideshare.net/marycrezende/livro-mapas-conceituais-e-diagramas-v-completo1>>. Acesso em julho de 2015.

[YouTube, Peltier] *Mini Geladeira de pastilha de peltier*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=i-jdXdL7bc8>>. Acesso em setembro de 2015.

[YouTube, Manual do Mundo] *Como gerar energia só com água (Gerador Termoelétrico)*. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=wLrXYMJs-q8>>. Acesso em setembro de 2015.

VIII - APÊNDICES

APÊNDICE A

LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

LEVANTAMENTO DOS SUBSUNÇORES

DATA: _____

ALUNO 1(opcional): _____

ALUNO 2(opcional): _____

SÉRIE: _____ **CURSO:** _____

01) O que vocês entendem por:

- Temperatura:

- Calor:

02) Quais as principais unidades usadas para medir:

- Temperatura: _____
- Calor: _____

03) “Quando um corpo quente aquece um corpo frio, suas temperaturas variam igualmente? [...] Podemos afirmar que a temperatura passou de um corpo para outro?” [1]

04) “Dois blocos, um de madeira e outro de metal, estão à mesma temperatura. Explique por que, quando tocamos os blocos à temperatura ambiente, o de metal parece estar mais frio do que o de madeira, e quando eles estão quentes ao tocá-los, o de metal parece-nos mais quente do que o de madeira. [...]” [1]

05) (FUVEST-SP) Uma dona de casa em Santos, para seguir a receita de um bolo, precisa de uma xícara de água a 50 °C. Infelizmente, embora a cozinha seja bem aparelhada, ela não tem termômetro. Como pode a dona de casa resolver o problema? (você pode propor qualquer procedimento correto, desde que não envolva termômetro.)

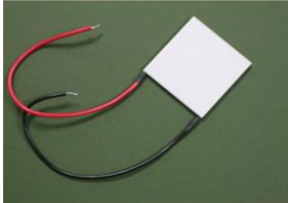
[1] HALLIDAY, D.; RESNICK, ROBERT. *Fundamentos de Física 2: Gravitação, Ondas e Termologia*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1991, página 192.

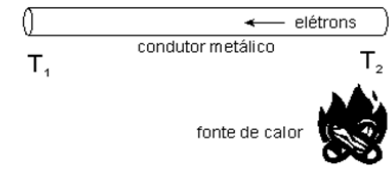
APÊNDICE B

SLIDE USADO PARA APRESENTAR OS MÓDULOS DE PELTIER

EFEITO PELTIER-SEEBECK

Thomas Johann Seebeck - 1821





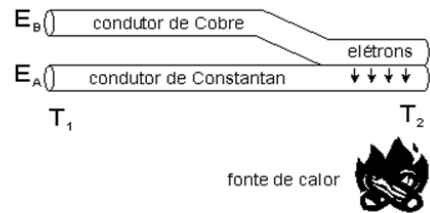
condutor metálico

elétrons

T₁ T₂

fonte de calor

Jean Charles Athana Peltier, em 1834, nota que uma diferença de potencial numa junção também pode gerar um gradiente de temperatura



condutor de Cobre

condutor de Constantan

elétrons

E_B E_A

T₁ T₂

fonte de calor

APÊNDICE C

ROTEIRO DA AULA EXPERIMENTAL

CARACTERIZANDO UMA PASTILHA TERMOPAR

DATA: _____

ALUNO 1 (opcional): _____

ALUNO 2 (opcional): _____

ALUNO 3 (opcional): _____

SÉRIE: _____ **CURSO:** _____

PROCEDIMENTO:

Pesa-se a substância que será usada, fixa-se uma diferença de potencial, verifica-se o valor da respectiva corrente elétrica e anota a temperatura a certos intervalos de tempo (12 intervalos).

MATERIAL:

PRÁTICA:

- **Substância:** _____
- **Fonte:** _____
- **Termômetro:** _____

PARTE QUENTE (AUMENTO DA TEMPERATURA)

- **Para 1,5 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 3,0 V – corrente elétrica: _____ - massa da substância: _____**

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 4,5 V – corrente elétrica: _____ - massa da substância: _____**

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 6,0 V – corrente elétrica: _____ - massa da substância: _____**

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 7,5 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 9,0 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

- **Para 12 V – corrente elétrica:** _____ **- massa da substância:** _____

TEMPO (s)	TEMPERATURA (°C)

APÊNDICE D

AVALIAÇÃO DA AULA PELOS ALUNOS

Olá,

Hoje você revisou conceitos importantíssimos de termologia e entrou em contato com um efeito físico descoberto no início do século XIX que, embora seja muito usado em instrumentação, principalmente para verificar temperaturas, e na fabricação de pequenas geladeiras, bebedouros, pilhas atômicas etc, ainda é pouco conhecido por professores de física e engenheiros.

Existe um grande apelo para que os professores realizem experimentos durante as aulas de física, mas muitas vezes isso é inviável.

Quanto a experimentos de termodinâmica o problema se agrava devido ao fato de ter que levar para classe fontes de calor e/ou de frio, o que representa um grande risco, pois as fontes de calor normalmente são fogareiros, lamparinas, bico de Bunsen, e as fontes frias são gelos, gelos secos, o que causam sujeira e são "difíceis" de se manusear.

Penso que podemos usar as pastilhas de Peltier como fontes de calor e/ou de frio, eliminando os riscos de acidentes, fazendo menos sujeira, além de colocar os alunos em contato com o efeito Peltier-Seebeck.

Peço que pense nas questões abaixo e me envie suas respostas o mais rápido que puder.

Você pode escanear essa folha e me enviar: prof.aguinaldofisica@gmail.com

Obrigado!

Prof. Aguinaldo

Aluno (opcional): _____ **Série:** _____ **Curso:** _____

OBS.: Se quiseres ser mais detalhista, podes escrever além dos retângulos, podes até anexar outras folhas a essa.

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

04) O que achas que pretendo fazer com os dados que recolhestes (corrente elétrica, diferença de potencial, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações sobre a pastilha podem ser obtidas das medidas que você fez?

05) Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Peltier, tipo: verificação de capacidades térmicas de alguns corpos, verificação do calor específico de algumas substâncias, verificação da validade das leis da termodinâmica, e as descreva.

ANEXO 7.1

RELATÓRIO DO ALUNO DA 1ª SÉRIE

Pastilha de Peltier

A [] Junior mat: []

Física, Aguinaldo

11 de novembro de 2015

Nesse experimento fiz uma geração de energia elétrica através da utilização de uma pastilha de peltier. Usando o princípio reverso da pastilha, colocando água quente em contato com uma das faces da pastilha e água fria em contato com a outra face. Para aumentar o contato utilizei pasta térmica. Coloquei a água em duas latas de azeite e a pastilha no meio.

Descoberta

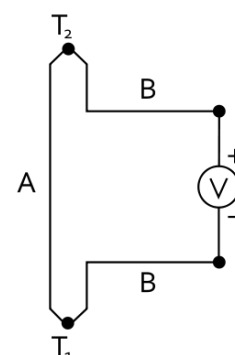
Descobri este experimento com amigos na internet, em um site chamado manual do mundo (manualdomundo.com.br), e achamos muito interessante. A partir desse momento, com a instrução e permissão do professor Aguinaldo, decidi fazer este experimento, pois achei ele fácil e com um resultado bem interessante.

Por que este experimento?

Como já dito anteriormente, o experimento era bem fácil de fazer. Também me interessei por ser um gerador de energia através de água PARADA. Interessei-me mais ainda por tudo isso ser feito por uma placa apenas, sem muitos segredos ou complicações.

A Pastilha

Sua operação é baseada no “Efeito Peltier”, que foi descoberto em 1834. Quando uma corrente é aplicada, o calor move de um lado ao outro – onde ele deve ser removido com um dissipador. Se os pólos elétricos forem revertidos, a pastilha se tornará em um excelente aquecedor. É importante salientar que por mais tecnologicamente avançados que sejam, os módulos não “consomem” calor – por isso que se torna necessário o uso do dissipador.



Análise dos Resultados

O experimento funcionou como o esperado. A maior dificuldade encontrada foi apenas a de aumentar o contato entre as faces da placa e as latas de azeite. Por ter pouco contato, a geração de energia parava logo, com aproximadamente 3 minutos de geração até a parada. Pude perceber pelo brilho do LED, que ia diminuindo cada vez mais até apagar.

Conclusão

Achei um experimento muito legal de se fazer. Aprendi muito e me interessei pela pastilha de Peltier. Achei um equipamento muito inovador, que pode ajudar a resolver muitos problemas, como o próprio professor Aguinaldo o fez. Uma experiência muito boa para mim, que só vai adicionar na minha carreira estudantil.

Bibliografia

<http://www.peltier.com.br/>

ANEXO 7.2

GRÁFICOS DOS GRUPOS DAS 3^{as} SÉRIES

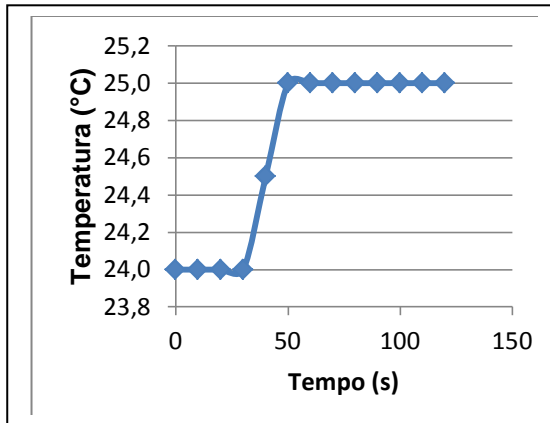


Gráfico do grupo 01 para 3,0 V

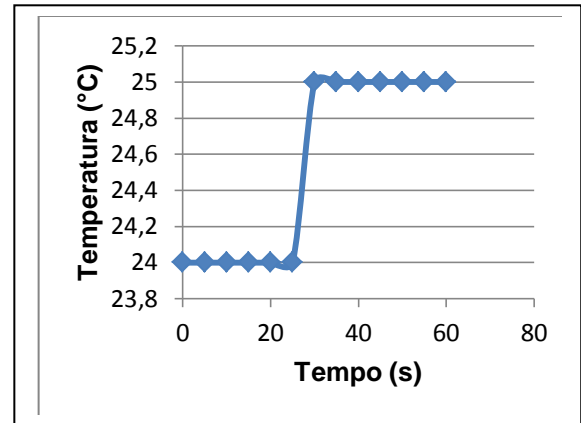


Gráfico do grupo 02 para 3,0 V

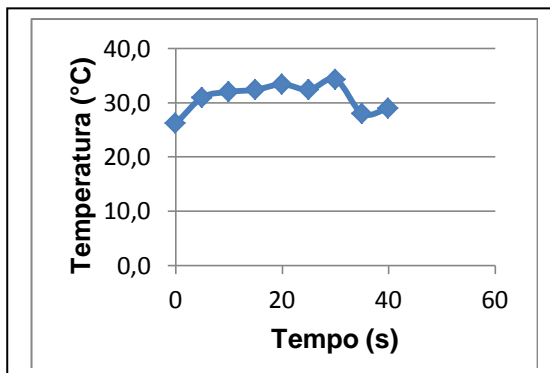


Gráfico do grupo 04 para 8,0 V

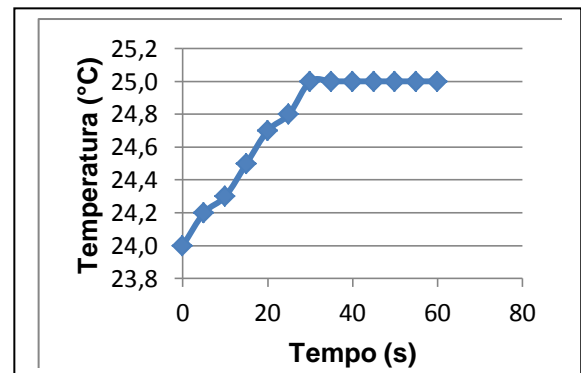


Gráfico do grupo 05 para 3,0 V

ANEXO 7.3

VERIFICAÇÃO FINAL_ALUNO I

Nome:

Série: 3º Ano C

Curso: Eletroeletrônica

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

R: Eu já conhecia os conceitos básicos de efeito termoelétrico, como a tensão gerando uma variação de temperatura e que havia uma reversibilidade neste fenômeno, no caso, uma variação de temperatura, poderia gerar corrente elétrica entre metais. Alias, havia estudado recentemente, porém, como não é cobrado em vestibulares, foi um estudo superficial, realizado durante aulas de um curso pré-vestibular. Contudo, nunca havia visto uma pastilha, apenas na teoria, e fiquei bastante impressionado com a intensidade na qual ocorre o efeito termoelétrico (Até então, achava que uma tensão baixa, como a da tomada, não seria o suficiente para gerar uma variação de temperatura realmente perceptível).

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

R: Além das vantagens citadas, eu consigo pensar que a pastilha é mais versátil que os componentes tradicionais de experimentos. Isto devido ao fato da pastilha ter a característica de fornecer calor (lado quente) e a característica de "roubar" calor (lado frio), enquanto em um experimento que seja necessário aquecer e resfriar, seriam necessários no mínimo 2 componentes. Outra vantagem a ser citada é a praticidade, é muito mais prático carregar uma pastilha, do que um bico de Bunsen ou uma caixa com gelo seco por exemplo.

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

R: Sim, como a pastilha usa eletricidade para gerar variação de temperatura, ela se torna algo muito mais sensível a danos do que outras fontes. Por exemplo, um contato mínimo com a água, aplicação de muita força danificando a fiação, ou então deixar partes de metais mais sensíveis a oxidação expostos ao ar, podem estragar a pastilha. Outra desvantagem que notei nas pastilhas utilizadas, foi a falta de sinalização entre o lado quente e o lado frio da pastilha, fazendo que uma vantagem (a dualidade frio/quente), possa tornar-se de alguma maneira uma desvantagem.

04) O que achas que pretendo fazer com os dados que recolhesses (corrente elétrica, ddp, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações da pastilha podem ser obtidas das medidas que você fez?

R: A partir das medições realizadas, é possível construir tabelas e gráficos, integrando os elementos medidos, como por exemplo, criar uma tabela, utilizando a relação entre Diferença de potencial x tempo para expressar a variação de temperatura obtida utilizando uma tensão fixa, e isso tornaria o uso da pastilha muito mais objetivo.

05)Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Peltier, tipo; verificação de capacidades térmicas de alguns corpos , verificação do calor específico de algumas substancias , verificação da validade das leis da termodinâmica ... e as descreva.

R:Como $C = Q/\Delta T$,(sendo C – capacidade térmica , ΔQ – quantidade de energia fornecida e ΔT - a variação da temperatura sofrida), Em um sistema isolado , poderia se colocar um corpo sob a pastilha e medir sua temperatura inicial em equilíbrio, como Q é definido por $W \cdot \Delta t$, (W- Potência elétrica , Δt - variação de tempo) , é possível controlar o quanto de energia adicional será adicionada ao sistema, e após o aquecimento da pastilha , medir a nova temperatura de equilíbrio do sistema. Com os dados obtidos, é possível calcular quanto o corpo recebeu de calor (Utilizando a lei 0 da termodinâmica e a lei 1 da termodinâmica) e assim realizar o calculo necessário expresso no inicio.O experimento realizado pode ser o mesmo, entretanto, como agora é levada em conta, a massa da substancia em questão, é necessário realizar a medição das massas. Pois calor sensível é expresso por: $c = Q/(m \cdot \Delta T)$, (c- calor específico , Q- Calor , m – massa , ΔT - variação de temperatura). E da mesma maneira que no experimento proposto acima, é possível chegar a variação de temperatura e a quantidade de Calor, realizando assim o calculo do calor específico.

ANEXO 7.4

VERIFICAÇÃO FINAL_ALUNO II

I

Olá professor

Não pude escanear o questionário pedido pelo senhor, pois não tenho scanner e hoje não consegui levar a folha, portanto deixarei as respostas digitadas nesse e-mail para auxílio do trabalho do senhor.

Aluno: a Série: 3°C Curso: Eletroeletrônica

01 – Não, só fui conhecer essa pastilha nessa aula.

02 – Sim, é possível utilizá-lo na medicina, se for mais bem estudado e adaptado. Além disso, pode atender diversas outras áreas pelo fato de ser pequeno e não ser poluente

03 – Sim, essa pastilha por ser menor deve-se ter um cuidado maior para não danificá-la. Além disso nessa pastilha não vem indicado o lado que esquenta, precisando assim de testes para ser descoberto

04 – Podem ser obtidos gráficos, tabelas, dados que podem propiciar uma pesquisa mais eficiente para o entendimento de algumas características (corrente, tensão temperatura, etc.)

Atenciosamente

3°C

ANEXO 7.5

VERIFICAÇÃO FINAL_ALUNO III

Olá,
Hoje você revisou conceitos importantíssimos de termodinâmica e entrou em contato com um efeito físico descrito no início do século XIX que, embora seja muito usado em instrumentação, principalmente para verificar temperaturas, e na fabricação de pequenas geladeiras, bobebourros, pilhas atômicas etc, ainda é pouco conhecido por professores de física e engenharias.
É isso um grande apelo para que os professores realizem experimentos durante as aulas de física, mas muitas vezes isso é inviável.
Quanto a experimentos de termodinâmica o problema se é agravado devido ao fato de ter que levar para classe fontes de calor e/ou de frio, o que representa um grande risco, pois as fontes de calor normalmente são fogareiros, lamparinas, bico de Bunsen, e as fontes frias são gelo, gelo seco ou que possuem sujeira e são "difíceis" de se manejar.
Pense que podemos usar as pastilhas de Peltier como fontes de calor e/ou de frio, eliminando os riscos de acidentes, fazendo menos sujeira, além de colocar os alunos em contato com o efeito Peltier-Seebeck.
Peço que pense nas questões abaixo e me envie suas respostas o mais rápido que puder.
Você pode escanear esta folha e me enviar: prof.aguineidofisica@gmail.com
Obrigado!

Prof. Aguiar

Aluno (opcional): _____ Série: 3ª B Curso: Física

OBS.: Se quiseres ser mais detalhista, podes escrever além dos retângulos, podes até anexar outras folhas a essa.

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

Eu nunca tinha ouvido falar dessas pastilhas.

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

Já vejo para ser utilizada para aquecer / aquecer alimentos, ou esfriar nos casos atuais fendas de pastilhas.

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

A única desvantagem que vejo é o custo das pastilhas.

04) O que acha que pretendo fazer com os dados que recolhisteis (corrente elétrica, diferença de potencial, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações sobre a pastilha podem ser obtidas das medidas que você fez?

Eu acho que o melhor uso é coletar os dados e analisar os dados de maneira a ser possível graficamente. Eu não sei quais informações porque mas como funciona a termodinâmica os meus resultados ficam basicamente iguais.

05) Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Peltier, tipo: verificação de capacidades térmicas de alguns corpos, verificação do calor específico de algumas substâncias, verificação da validade das leis da termodinâmica, ... e as descreva.

Experiências de química, por exemplo: Uma aquecedor com álcool, banho de gelo com combustível como fonte de calor. No nível de utilização a álcool, utilizando as pastilhas de Peltier-Seebeck.

ANEXO 7.6

VERIFICAÇÃO FINAL_ALUNO IV

Ciê.
Hoje você revisou conceitos importantíssimos da termodinâmica e entra em contato com um efeito físico descoberto no início do século XIX que, embora seja muito usado em instrumentação, principalmente para verificar temperaturas, e na fabricação de pequenas geladeiras, bebedouros, pilhas atômicas etc. ainda é pouco conhecido por professores de física e engenheiros.

Existe um grande apelo para que os professores realizem experimentos durante as aulas de física, mas muitas vezes isso é inviável.

Quanto a experimentos de termodinâmica o problema se agrava devido ao fato de ter que levar para as salas fontes de calor e/ou de frio, o que representa um grande risco, pois as fontes de calor normalmente são fogareiros, lamparinas, bico de Bunsen, e as fontes frias são gelo, gelo seco, o que causam sujeira e são "difíceis" de se manusear.

Pense que podemos usar as pastilhas de Peltier como fontes de calor e/ou de frio, eliminando os riscos de acidentes, fazendo menos sujeira, além de colocar os alunos em contato com o efeito Peltier-Seebeck.

Pego que penso nas questões abaixo e me envio suas respostas o mais rápido que puder.

Você pode encontrar essa folha e me enviar: prof.aguiar@ufpa.br

Obrigado!

Prof. Aguiar

Aluno (opcional):

Série: 3^oB Curso: Eletrônica

OBS.: Se quiseres ser mais detalhista, podes escrever além dos retângulos, podes até anexar outras folhas a essa.

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

Eu nunca tinha ouvido falar dessas pastilhas de Peltier

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

Estas poderiam talvez serem utilizadas para cozinhar ou coziar alimentos, ~~substituir~~ com a parte de trás da pastilha.

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

Uma única desvantagem que percebo nestas pastilhas é o custo.

04) O que achas que pretendo fazer com os dados que recolhestes (corrente elétrica, diferença de potencial, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações sobre a pastilha podem ser obtidas das medidas que você faz?

Eu acho que o melhor irá comparar os dados obtidos por cada equipe, tabelar eles e posteriormente gerar um gráfico contendo os resultados. Desses dados podem ser obtidas várias relações, como a ~~relação~~ quantidade de tensão e corrente para atingir uma temperatura.

05) Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Peltier, tipo: verificação de capacidades térmicas de alguns corpos, verificação do calor específico de algumas substâncias, verificação da validade das leis da termodinâmica... e as descreva.

No meu ponto de vista estas pastilhas poderia substituir em muitas experiências as fontes de calor "rudimentar", no qual se faz o emprego de combustão e consequentemente o fogo, para fornecer energia necessária. Como por exemplo o bico de Bunsen, "lamparinas" com álcool, etc. No local destas, o emprego da pastilha seria perfeito, pois iria diminuir o risco de acidentes e a dificuldade de obtenção de equipamentos e substâncias, como o gás, álcool, etc.

ANEXO 7.7

VERIFICAÇÃO FINAL_ALUNO V

Olá,
Há já anos reviso conceitos importantes nos de termodinâmica e entrego em contato com um eletro físico descoberto no início do século XIX que, embora seja muito usado em instrumentação, principalmente para verificar temperaturas, a fabricação de pequenas geladeiras, bebedouros, pilhas atômicas etc, ainda é pouco conhecido por professores de física e engenheiros.
Existe um grande apelo para que os professores realizem experimentos durante as aulas de física, mas muitas vezes isso é inviável.
Quanto a experimentos de termodinâmica o problema se a agenda devido ao fato de ter que levar para casa fontes de calor e/ou de frio, o que representa um grande risco, pois as fontes de calor normalmente são fogareiros, lamparinas, bloco de Dunsen, e as fontes mais são gelos, gelo seco, ou que precisam ser feitos e não "colados" de se manejar.
Pensei que poderíamos usar as pastilhas de Pellet como fontes de calor e/ou de frio, eliminando os riscos de acidentes, fazendo menos sujeira, além de colocar os alunos em contato com o eletro Pellet de estado.
Pago que ajude nas questões abaixo e me envie suas respostas e mais ajuda que puder.
Você pode encontrar essa folha e me enviar: profaguiar@ufpa.br
Obrigado!

Prof. Aguiar

Aluno (opcional): _____ Série: 3ª A Curso: Mecânica

OBS.: Se quiseres ser mais detalhista, podes escrever além dos retângulos, podes até anexar outras folhas a essa.

01) Você já tinha ouvido falar dessas pastilhas? Onde? Como? O quê?

Naõ, fiquei sabendo dessas pastilhas somente nessa aula.

02) Você vislumbra alguma vantagem extra para o uso dessas pastilhas além da que eu citei no texto introdutório desse questionário? Qual?

Sim, as uso para bebedouros.

03) Você vê alguma desvantagem em utilizá-las como fontes de calor e/ou frio nos experimentos de termodinâmica? Quais?

Naõ, caso que não haja desvantagens.

04) O que achas que pretendo fazer com os dados que recolheste (corrente elétrica, diferença de potencial, temperatura, tempo, massa da substância) e que permitirá ao professor utilizá-la de modo mais consciente e preciso durante uma aula experimental de termodinâmica? Enfim, que informações sobre a pastilha podem ser obtidas das medidas que você fez?

As informações obtidas permitem a elaboração de um gráfico que mostra para o professor quanto de variação de temperatura ocorre durante um certo período de tempo, para determinada substância, tensão e massa.

05) Pense em algumas experiências de termodinâmica usando as pastilhas de Pellet, tipo: verificação de capacidades térmicas de alguns corpos; verificação do calor específico de algumas substâncias; verificação da validade das leis da termodinâmica, e as descreva.

Caracterizar a conservação de calor através da variação de temperatura pela pastilha. Também pela variação de temperatura da matéria e substâncias de capacidade calorífica. Isso ocorre um experimento qualquer "X".