

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

Mestrado Profissional em Ensino de Física

Gabriel Schabbach Schneider

Ensino de calorimetria com ênfase no desenvolvimento da habilidade de leitura e interpretação de gráficos

Porto Alegre

2016

Gabriel Schabbach Schneider

Ensino de calorimetria com ênfase no desenvolvimento da habilidade de leitura e interpretação de gráficos

Dissertação realizada sob a orientação da Dra. Eliane Angela Veit e coorientação do Dr. Fernando Lang da Silveira, apresentada no Instituto de Física da UFRGS em preenchimento parcial dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Porto Alegre

2016

Dedico esse trabalho à pessoa
que faz minha vida fazer
sentido, que chegou a esse
mundo durante minha
dissertação e hoje me faz o pai
mais feliz do mundo,
Obrigado Luísa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço de forma especial aos meus orientadores.

A professora Dra. Eliane Veit por todo o crédito dado às minhas ideias e à minha pessoa. Agradeço imensamente pelas ideias, atenção, carinho, dedicação, paciência, disponibilidade e, em especial, pelos incontáveis puxões de orelha que, com certeza foram determinantes para o resultado do nosso trabalho. A senhora acreditou em mim até quando eu mesmo já estava desacreditado, foste a melhor orientadora que um aluno poderia ter. Muito obrigado.

Ao professor Dr. Fernando Lang um agradecimento especial por todo o tempo dedicado ao nosso trabalho. Não fossem as diversas correções e os diversos apontamentos esse trabalho não seria possível. Obrigado por me fazer enxergar o ensino de Física de uma forma diferente e me fazer melhor profissional. O senhor é um professor sensacional.

A minha esposa Natália Schneider por todo incentivo e paciência ao longo do mestrado. Obrigado por acreditar nos meus sonhos e me ajudar a concretizá-los.

A minha mãe Rosemari Schabbach. Schneider por todo o amor e carinho prestado ao longo da vida e por me ensinar valores que fazem ser quem sou.

Ao meu falecido pai Ernani José Schneider, a quem tenho certeza que muito orgulho.

A turma 2ºA do Colégio Concórdia que carinhosamente abraçou a proposta e me encheu de ideias, e a escola que acredita e incentiva meu trabalho.

À CAPES pelo financiamento parcial desse trabalho.

Viver é como andar de
bicicleta, para manter o
equilíbrio é importante estar
em constante movimento.

Albert Einstein

RESUMO

Neste trabalho é apresentada uma proposta para o ensino de termometria e calorimetria, em nível de ensino médio, que enfatiza a habilidade de leitura e interpretação de gráficos. A motivação do trabalho é o crescente aumento da importância, no cenário nacional, do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) exigindo a referida habilidade em parcela significativa das questões. A fundamentação teórica está baseada na Teoria da Aprendizagem de David Ausubel, tanto no que diz respeito à concepção e elaboração do material instrucional, quanto à sua aplicação em sala de aula. O módulo didático, perfazendo um total de 20 horas aula, é composto por um conjunto de aulas expositivo-dialogadas, aulas práticas, listas de exercícios, que partem de exercícios elementares até exercícios de concursos de vestibular, exercícios associados à visualização de vídeos, correção de atividades com a projeção de respostas erradas inspiradas no *Peer Instruction* e um texto produzido especialmente para o produto educacional, constituindo-se este conjunto no produto educacional do mestrado. Quanto à habilidade de leitura e interpretação de gráficos, adotou-se a classificação de Curcio em três níveis: “*ler os dados, ler entre os dados e ler além dos dados*”. O módulo didático foi aplicado no Colégio Concórdia de Porto Alegre em uma turma de 37 alunos do segundo ano do Ensino Médio. Para avaliar os alunos na leitura e interpretação de gráficos foi produzido um teste de conhecimentos prévios e conhecimentos adquiridos, com quinze questões que envolvem a leitura e interpretação de gráficos em diferentes níveis conforme a classificação de Curcio. Esse teste foi aplicado antes do início da proposta didática com dupla finalidade: detecção dos conhecimentos prévios dos alunos e servir de pré-teste para avaliação da aprendizagem dos alunos e após a aplicação da proposta para fins de comparação com o pré-teste. Ao final do módulo didático foi aplicado um teste para aferir os conhecimentos de termometria e calorimetria adquiridos. Os resultados mostram uma melhora significativa na habilidade de leitura e interpretação de gráficos, especialmente nas questões relativas ao terceiro nível de Curcio. O teste de opinião aplicado para avaliar a percepção dos alunos em relação ao desenvolvimento da proposta, de um modo geral, foi favorável à proposta.

Palavras chave: ENEM, interpretação de gráficos, atividade experimental, calorimetria, termometria.

ABSTRACT

This dissertation presents a proposal for teaching thermometry and calorimetry at high school level, which emphasizes graphs reading and interpreting skills. The motivation behind this study is the increasing importance, on the Brazilian national scene, of the National Secondary Education Exam (ENEM), requiring these skills in a significant portion of the questions. The theoretical foundation is the Meaningful Learning Theory by David Ausubel, regarding the design and preparation of instructional material for its use in the classroom. The teaching module, comprising a total of 20 class hours, consists of a set of expository-dialogued classes, practical classes, exercises, starting from elementary exercises to university entrance exams questions, exercises associated with video watching, tasks correction with the projection of wrong answers based on Peer Instruction and a text produced especially for the educational product, constituting this set the educational product for a master degree program. As for graphs reading and interpreting skills, Curcio's classification has been adopted on three levels: "*reading the data, reading between the data and reading beyond the data*". The teaching module was applied to a class of 37 students in the second year of high school at Concordia School in the City of Porto Alegre. In order to assess students about graphs reading and interpreting, it was produced a pretest with fifteen questions at different levels according to Curcio's classification. This test was applied before the didactic proposal for two main reasons: to detect previous knowledge of the students and to evaluate their learning improvement after the implementation of the proposal, using the same test as a posttest. At the end of the teaching module, a test was applied to assess the acquired knowledge of thermometry and calorimetry. The results show a significant improvement in graphs reading and interpreting skills in questions related to the first two levels of the course. The opinion test used to assess the students' perception concerning the proposal, in general, was favorable to the proposal.

Key words: ENEM, interpretation of graphs, experimental activity, thermometry, calorimetry.

SUMÁRIO

SUMÁRIO	15
1 INTRODUÇÃO.....	17
2 TRABALHOS RELACIONADOS.....	21
2.1 Gráficos no Ensino de Física.....	22
2.2 Aprendizagem de conteúdos de Física Térmica.....	26
2.3 Estratégias de ensino.....	28
2.4 Atividade experimental.....	30
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	35
3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel.....	35
3.2 A aprendizagem significativa e o presente trabalho.....	37
4 MÓDULO DIDÁTICO.....	41
5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	47
5.1 Contexto da aplicação.....	47
5.2 Relato das aulas.....	48
5.2.1 Assiduidade dos alunos na resolução de exercícios.....	85
5.2.2 Resultado do experimento da vaporização do gelo.....	86
6 ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	89
6.1 Pré-teste (conhecimento prévio) e pós-teste (conhecimento adquirido).....	89
6.2 Análise da prova de Física térmica.....	96
6.3 Resultado da pesquisa de opinião.....	98
6.3.1 Análise das afirmativas da pesquisa de opinião.....	98
6.3.2 Análise das questões discursivas.....	101
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	109
REFERÊNCIAS.....	113
APÊNDICE A – Texto O Calor: do uso coloquial ao científico.....	119
APÊNDICE B – Pré e pós-teste.....	125
APÊNDICE C – Planos de aula e material das aulas expositivo-dialogadas.....	137
APÊNDICE D – Roteiro das atividades práticas.....	165
APÊNDICE E – Lista de exercícios.....	173
E.1 – Termometria.....	173
E.2 – Correntes de convecção e calor específico da água e do óleo.....	178
E.3 – Calorimetria.....	179

E.4 – Potência térmica	192
E.5 – Equilíbrio térmico.....	200
APÊNDICE F – Prova de conhecimentos de Física Térmica.....	205
APÊNDICE G – Pesquisa de opinião	211

1 INTRODUÇÃO

Conforme estudo publicado no mês de outubro do ano de 2012 pelo portal G1.com¹ apenas 5,8% dos estudantes que concluem o ensino médio na rede pública obtém proficiência mínima em Matemática, principal ferramenta da Física. Esse número é alarmante à medida que o Brasil, um dos grandes emergentes na área econômica, investe de forma desproporcional na educação básica quando comparada ao ensino superior. Esse fator é preocupante, já que o aluno não é preparado de forma satisfatória para ingressar em uma universidade. O relatório da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) divulgado em 2012 (OECD, 2012), que analisa a primeira década do século XXI, indica que o gasto do Brasil com educação básica foi de 2320 USD por aluno, por ano, enquanto o gasto no ensino superior foi de 11741 USD por aluno, por ano. Além do valor discrepante, a pesquisa mostra que o Brasil investiu, na média por aluno, um valor inferior à média dos países pertencentes a OCDE, que foi de 8515 USD para o ensino básico e de 13728 USD para o ensino superior.

A fim de qualificar a educação básica, o Ministério da Educação criou em 1998 o Exame Nacional do Ensino Médio, que tem entre outros objetivos gerar dados para subsidiar estudos da educação básica. Outro objetivo do ENEM, aplicado a alunos formandos do ensino médio (última etapa da educação básica), é verificar se o aluno adquiriu ao longo de sua trajetória estudantil habilidades e competências ligadas às áreas de estudo, quais sejam, Ciências da Natureza, Matemática, Códigos e Linguagens e Ciências Humanas.

No contexto atual o ENEM tornou-se um importante instrumento para aferir a qualidade educacional e os professores têm procurado orientar as suas ações de modo a que seus alunos tenham melhor desempenho neste exame (TRAVITZKI, 2013). Entendemos que o ensino básico deve preparar o aluno não apenas para uma prova, mas especialmente para a vida (SCARPARI, 2003). Como já notado as questões do ENEM são formuladas de forma a contemplar habilidades e competências pertinentes a cada área de estudo.

¹ PORTAL G1. Disponível em: <http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2010/12/criancas-e-jovens-brasileiros-tem-dificuldade-de-aprendizagem.html>. Acesso em 07 de setembro de 2016.

“Competências são as modalidades estruturais da inteligência, ou melhor, ações e operações que utilizamos para estabelecer relações com e entre objetos, situações, fenômenos e pessoas que desejamos conhecer. As habilidades decorrem das competências adquiridas e referem-se ao plano imediato do “saber fazer”. Por meio das ações e operações, as habilidades aperfeiçoam-se e articulam-se, possibilitando nova reorganização das competências”. (INEP, 2002, p. 11)

Uma das habilidades presentes na matriz de referências do ENEM é a leitura e a interpretação de gráficos. Por isso é fundamental verificar o que estabelece a Matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do ENEM (MEC, 2009).

“Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos

H17 - Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica”. (MEC, 2009, p. 9)

E na área da Matemática e suas Tecnologias (MEC, 2009):

“Competência de área 6 – Interpretar informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação.

H24 - Utilizar informações expressas em gráficos ou tabelas para fazer inferências. (Ibid., p. 6)

H25 – Resolver problema com dados apresentados em tabelas ou gráficos. (Ibid., p. 6)

H26 – Analisar informações expressas em gráficos ou tabelas como recurso para a construção de argumentos”. (Ibid., p. 6)

No contexto atual do ensino de Física, por sua vez, cada conteúdo de Física recebe uma interpretação diferenciada na leitura de gráficos. Ou seja, quando se introduz um conteúdo novo em sala de aula é comum o professor ensinar aos seus alunos como estabelecer uma relação daquilo que estão estudando algebricamente com a análise de gráficos referentes àquele conteúdo. Como podemos observar, por exemplo, no livro Física 1 de Ramalho, Ferraro e Toledo (2009) existe um capítulo especial para o estudo dos gráficos de movimento uniforme e uniformemente variado.

A fim de contribuir com um produto educacional que possa auxiliar os alunos na aprendizagem de gráficos relevantes da Física, elaboramos um módulo didático que visa

dar significado a gráficos da área de Termometria e Calorimetria. A escolha foi motivada pela nossa experiência de vários anos como professor de Física sentindo que grande parte das dificuldades dos alunos na aprendizagem de tópicos dessa área da Física se refere à interpretação de gráficos. Não tendo localizado na literatura material que atendesse às nossas expectativas, decidimos desenvolver o material esperando também que possa ser útil para outros professores. Nossa proposta inclui uma metodologia de ensino que prevê aulas expositivo-dialogadas e práticas experimentais dando ênfase à construção de gráficos e à resolução de exercícios do ENEM e dos concursos de vestibular.

A presente dissertação descreve o produto educacional, incluindo um texto de apoio introdutório, guias das aulas práticas, planos das aulas expositivo-dialogadas² e um teste conceitual. Sua aplicação aconteceu em uma turma de segundo ano do Ensino Médio, no Colégio Concórdia de Porto Alegre, no primeiro semestre de 2016.

No Capítulo 2 desta dissertação apresentamos uma série de trabalhos nas áreas de ensino de Física e de gráficos relevantes para o desenvolvimento deste trabalho. Dentre os artigos destaca-se o de Fernandes e Moraes por apresentar uma classificação para os gráficos, devida a Curcio (apud FERNANDES E MORAIS, 2011), servindo como inspiração para o presente trabalho. O Capítulo 3 apresenta a base teórica para o desenvolvimento do produto educacional, qual seja a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O Capítulo 4 descreve o produto educacional que consta nos diversos Apêndices. O Capítulo 5 descreve o contexto escolar da aplicação, assim como contém um relato das aulas, expondo as dúvidas apresentadas pelos alunos e a dinâmica da sala de aula no decorrer da aplicação da proposta. No Capítulo 6 apresenta-se uma análise argumentativa e quantitativa dos resultados atingidos com a aplicação do produto educacional, assim como o resultado da pesquisa de opinião que buscou verificar junto aos alunos o grau de satisfação relativo ao material apresentado e a metodologia das aulas. O Capítulo 7 contém aspectos favoráveis e desfavoráveis da proposta, os comentários finais e conclusão.

² Com material instrucional composto por apresentação em Power Point e comentários gerais sobre a apresentação.

2 TRABALHOS RELACIONADOS

De modo geral um sistema educacional bem sucedido está associado ao pleno desenvolvimento de uma sociedade. Espera-se da escola e dos alunos a construção de um futuro melhor. *“Da escola se exige uma formação compatível com o chamado mundo contemporâneo, no sentido de assegurar uma preparação para o enfrentamento do que se espera encontrar depois dela”* (RICARDO e FREIRE, 2007, p. 251). A história recente da humanidade mostra que países que mais investiram em educação no último século obtiveram maior crescimento econômico e desenvolvimento tecnológico. No sentido contrário a essa tendência de valorização à educação, constata-se que *“paradoxalmente, a adesão dos alunos ao projeto escolar está se enfraquecendo. Ou seja, a estrutura escolar atual parece estar cada vez menos capaz de atender às expectativas dos seus alunos, embora o número de matrículas tenha crescido consideravelmente nos últimos anos”* (Ibid., p. 251). O desinteresse sistemático dentro da disciplina de Física

“(...) se explica pelas deficiências e falhas na formação dos professores. O ensino de Ciências continua sendo uma caricatura muito pobre daquilo que o conhecimento científico requer na formação dos estudantes. E o currículo da disciplina de Física é baseado em formulas e definições desvinculadas das necessidades da formação dos estudantes e de conhecimentos científicos relevantes”. (PIASSI, apud GOMES e CASTILHO, 2010, p. 87)

Além disso,

“As aulas são ministradas de forma estritamente teórica, enfatizando somente a memorização de leis, fundamentos e conceitos, aulas repletas de expressões matemáticas e fora do contexto do aluno, e conseqüentemente apresentam dificuldades de aprendizagem dos conteúdos, em decorrência disso, as notas são as piores, em vista as demais disciplinas”. (LIMA e GAIO, apud GOMES e CASTILHO, 2010, p. 88)

O formato atual do ensino de Física, baseado apenas na resolução de equações e na memorização de conceitos empobrece o ensino das ciências, no sentido de não formar um cidadão com competência mínima voltada para a área. O professor deve ir além da demonstração das equações, dando significado àquilo que é ensinado. Além disso, o sistema de avaliação não evoluiu e em nada contribui para o ensino-aprendizagem, de modo que *“os alunos têm sua atenção centrada nas promoções, o que predomina é a nota, não importa como elas são obtidas, nem por quais caminhos. São operadas e manipuladas como se nada tivessem a ver com o percurso ativo do processo de aprendizagem”* (LUCKESI, 2008, p. 18). Adicionalmente, *“as provas avaliativas*

que deveriam nortear o trabalho do professor viraram instrumento de ameaça aos alunos e são comumente utilizadas por professores para incentivar a aprendizagem” (Ibid., p. 18). Os pais também em nada contribuem já que também estão voltados para a aprovação de seus filhos e

“(…) o importante é que tenham nota para serem aprovados. Isso é facilmente observável nas reuniões e Pais e Mestres, no final de cada bimestre letivo, especialmente no nível de escolaridade de primeiro grau. Os professores vão a reunião entregar os boletins e conversar com os pais das crianças que estão “com problemas”. Tais problemas, na maior parte das vezes, se referem às baixas notas de aproveitamento”. (Ibid., p. 19)

Nesse cenário nada favorável temos ainda a iniciação tardia do ensino de Física que, na maioria dos casos, ocorre apenas no ensino médio, período em que o aluno recebe outras pressões externas como a intensificação da vida social, fato comum no período da adolescência, o concurso vestibular e a escolha da futura carreira profissional. Outro fator externo que em *“nada contribui é o ingresso no mercado de trabalho já que muitos alunos precisam trabalhar para ajudar financeiramente suas famílias”* (RICARDO e FREIRE, 2007, p. 251).

Pensando por um lado, nesses grandes problemas e por outro no nosso dia a dia em sala de aula, em que o ambiente, apesar das dificuldades, ainda propicia condições para um ensino que promova maior participação dos alunos, decidimos enfrentar o desafio de desenvolver um material potencialmente significativo, amenizando esse quadro. Para tanto nos inspiramos na literatura, em particular, nos trabalhos que sucintamente passaremos a apresentar na sequência, relacionados ao uso de gráficos no ensino de Física (seção 2.1), à aprendizagem de conteúdos de Física Térmica (seção 2.2), estratégias de ensino (seção 2.3) e práticas experimentais (seção 2.4).

2.1 Gráficos no Ensino de Física

Poucos foram os trabalhos que localizamos sobre dificuldades dos alunos na análise e interpretação de gráficos, nenhum deles relacionados à Física Térmica. Apresentamos, então, nesta seção, dois artigos que abordam dificuldades dos alunos na análise e interpretação de gráficos da cinemática e dois que tratam da construção de gráficos de dados estatísticos.

Agrello e Garg (1999) buscaram analisar a competência dos alunos de ciências exatas recém-chegados à Universidade de Brasília (UnB) na construção de gráficos de

cinemática. Para levantamento de dados foi aplicado um teste chamado *Test of Understanding Graphs in Kinematics* (TUG-K) (BEICHNER, 1994) sobre conhecimentos de cinemática a 228 estudantes, comparando o nível de acertos em cada questão nos diferentes cursos analisados (Engenharias, Ciências da Computação, Física, Química, Matemática e Geologia). Além disso, o artigo faz uma comparação dos resultados obtidos no test *TUG-K* na UnB com os resultados obtidos por alunos norte americanos recém-chegados à universidade, em pesquisa feita pelo professor *PhD.* Robert Beichner³.

O estudo conclui que, no geral, os alunos têm grande dificuldade em determinar declividades, especialmente quando a curva não passa pela origem do gráfico. Quanto aos eixos dos gráficos, o estudo constatou dificuldades em trabalhar com diferentes variáveis, ocorrendo grande incidência de erros ao se apresentar uma situação descritora do comportamento da aceleração para então solicitar o gráfico da posição *versus* tempo. Neste tipo de questão os alunos frequentemente confundiam aceleração constante com velocidade constante. A questão com maior índice de acerto foi a que solicitava a determinação do deslocamento tendo sido fornecido o gráfico de velocidade *versus* tempo, ou seja, requeria que o aluno calculasse a área entre a curva e o eixo dos tempos. Uma questão que chamou a atenção dos autores do artigo foi a diferença nas respostas dos alunos estadunidenses e brasileiros quanto a enxergar o gráfico como uma fotografia; nos Estados Unidos 25% cometiam esse erro contra 9% no Brasil.

Araujo, Veit e Moreira (2004), no artigo “Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática”, buscaram analisar as dificuldades dos alunos na análise e interpretação de gráficos, apresentando dois subprodutos complementares às atividades tradicionais a fim de superar essas dificuldades, quais sejam: um conjunto de atividades computacionais utilizando o *software* Modellus e a adaptação para o português sobre um teste sobre o entendimento de gráficos na cinemática, o TUG-K.

O artigo traz à tona as dificuldades usuais dos alunos na análise e interpretação de gráficos. Os autores enfatizam a importância da leitura e da interpretação de gráficos na área das ciências exatas, já que os gráficos permitem agrupar uma grande quantidade

³ Professor universitário e membro do grupo de desenvolvimento e pesquisa no ensino de Física da Universidade Estadual da Carolina do Norte.

de informações de forma resumida. Os autores também relatam as principais dificuldades dos alunos, dentre as quais destacamos a interpretação errônea ao comparar o gráfico a uma fotografia do movimento.

O trabalho explora a construção em tempo real que pode ser obtida com o uso do programa de modelagem computacional “Modellus”. Conforme os autores *“o Modellus possui uma interface gráfica intuitiva, o que vem a facilitar a interação dos estudantes com modelos em tempo real e a análise de múltiplas representações desses modelos, permitindo também, observar múltiplos experimentos (conceituais) simultaneamente”*. (Ibid., p. 181)

Wu (2004) investigou o entendimento dos alunos de uma escola secundária de Singapura. O projeto chamado *Understanding of Statistical Graph* (SGU) obteve indicadores que mais tarde puderam ser comparados aos indicadores do trabalho de Sosa (2010). O estudo de Wu (2004) classificou as dificuldades nas seguintes categorias:

“(i) erros de compreensão; (ii) explicações pouco claras; (iii) erros de cálculo; (iv) erros nas escalas; (v) erros relacionados com o título, etiquetas, especificadores e tipo de gráfico; (vi) erros nos gráficos circulares; (vii) erros de tamanho nos pictogramas; (viii) erros na aparência similar, mas de natureza diferente dos gráficos; (ix) confusão entre frequência e valor dos dados; (x) erros relacionados com o uso da informação dada no gráfico; (xi) erros de contexto; e (xii) erros variados”. (WU, 2004, p. 11)

Fernandes e Morais (2011), no artigo “Leitura e Interpretação de Gráficos Estatísticos por Alunos do 9º Ano de Escolaridade”, fazem uma análise da compreensão na leitura e interpretação de gráficos estatísticos por parte de estudantes do nono ano do ensino básico. O artigo busca responder à pergunta: *“Na leitura e interpretação dos gráficos estatísticos, que nível de conclusões abstraem os alunos desses gráficos? Que erros e dificuldades revelam?”* Para responder a essas questões foi analisado o desempenho de 108 alunos em um teste aplicado em uma escola rural na cidade de Braga, norte de Portugal, com idade média de 14 anos e igualmente divididos em gênero, sendo 54 meninos e 54 meninas. A média de desempenho escolar apresentada em anos anteriores por tais alunos na disciplina de matemática era de 3,3 pontos no sétimo ano e 3,1 pontos no oitavo ano, de um total de 5,0 pontos, ou seja, rendimento médio acima de 60%. O teste aplicado contou com dez questões classificadas utilizando Curcio (apud FERNANDES e MORAIS, 2011, p. 97), para quem a habilidade de ler um gráfico é expressa de forma que o aluno deve: *“ler os dados, ler entre os dados e ler além dos dados”*.

No primeiro nível, *ler os dados*, o leitor deve fazer uma leitura literal dos dados apresentados no gráfico, ainda sem a preocupação da interpretação do gráfico. No segundo nível, *ler entre os dados*, o leitor deve integrar a informação e identificar relações matemáticas através de um conhecimento prévio existente. Para Curcio (Ibid., p. 97-98) “*espera-se que neste nível os alunos identifiquem tendências no gráfico*”. No terceiro nível, *ler além do gráfico*, pressupõe-se que lendo o gráfico o aluno possa inferir sobre a informação global de forma a explorar ou predizer sobre o fenômeno a que o gráfico se refere.

Das dez questões constantes no teste, três buscavam avaliar o primeiro nível, *ler os dados*. Nesse quesito os alunos apresentaram o melhor desempenho, sendo que em uma das questões o nível de acerto foi de 96%. A média de acertos para esse nível foi de 68%. Cinco questões buscavam avaliar o segundo nível, *ler entre os dados*. Nesse nível a média de acertos foi de 24%. Duas questões buscavam avaliar o terceiro nível, *ler além dos dados*. Nesse nível a média de acertos foi de 33%. A classificação das questões contou ainda com a análise do acerto parcial, que ocorreu quando o aluno obteve um valor coerente, mas não respondeu à questão propriamente dita.

Os autores do trabalho afirmam:

“Globalmente verificou-se um fraco desempenho dos alunos na leitura e interpretação dos três gráficos estatísticos, correspondentes às três tarefas propostas. Tratando-se de alunos que não estudariam mais o tema de Estatística (incluído na disciplina de Matemática) ao nível do ensino básico, este resultado é problemático face à importância que é reconhecida aos gráficos enquanto componente da literacia estatística”. (FERNANDES e MORAIS, 2011, p. 112)

Sosa (2010), revendo publicações de autores como Curcio, Friel e Bright⁴, apresentou um trabalho no qual aponta nove dificuldades que os alunos tendem a exibir na análise e interpretação de gráficos:

“1. Interpretação do conteúdo dos gráficos, além da incapacidade de processar a informação neles contida de forma coerente;

2. Interpretação de gráficos de nível superior (como por exemplo, ler no gráfico e ler além do gráfico);

3. Selecionar incorretamente o tipo de gráfico adequado, como por exemplo, utilizando uma tabela de frequências quando as variáveis são qualitativas,

⁴ *Making Sense of Graphs: critical factors influencing comprehension and instructional implications.* Journal for Research in Mathematics Education, v. 32, n. 2, p.124-158, 2001.

ou um diagrama de barras horizontal para representar a evolução de uma produção industrial ao longo dos anos;

4. Selecionar escalas de representação pouco ou nada adequadas para o objetivo predeterminado;

5. Omitir as escalas em alguns dos eixos, horizontal ou vertical, ou em ambos;

6. Não especificar a origem das coordenadas;

7. Não proporcionar divisões suficientes (número de classes) nas escalas dos eixos;

8. Desconhecer o modo correto como ser empregado um software para a construção de gráficos;

9. Obter um diagrama de setores em que estes não são proporcionais com as frequências das categorias ou comparar quantidades heterogêneas de um mesmo gráfico”. (SOSA, 2010, p. 104)

Inspirados no texto de Fernandes e Morais (2011) utilizamos a classificação de Curcio no nosso trabalho. Com ela e o teste de conhecimentos prévios mapeamos as dificuldades encontradas na resolução de questões. Os resultados seguem no Capítulo 6. As listas de exercícios que contemplam a habilidade de leitura e a interpretação de gráficos foram elaboradas conforme Curcio e a classificação item - nível hierárquico de Curcio consta no Capítulo 4.

2.2 Aprendizagem de conteúdos de Física Térmica

O ensino de Física nas escolas brasileiras ocorre normalmente na etapa final da educação básica. Divididas em tópicos de mecânica, termologia, óptica, ondulatória, eletricidade, eletromagnetismo e Física moderna, os conteúdos são distribuídos, na maioria das escolas, ao longo de todo o Ensino Médio. Os artigos relacionados nessa seção abordam a aprendizagem dos conteúdos de Física associados à área de termologia que, em nosso entendimento, apresenta conceitos muitas vezes mal definidos por professores e pela literatura, como discutido, por exemplo, por Silva, Laburú e Nardi (2008) no artigo “Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula.” Os autores fazem uma crítica sobre a concepção de estudantes e professores de Física e Química a respeito do entendimento do conceito de calor. Citando autores

como Niaz⁵ (2006), Diaz, Lewis e Linn⁶, citam que a falta de conhecimento sobre a definição do conceito de calor está em todos os níveis de ensino. Atestam, ainda, que até mesmo PhDs em Física e Química tiveram dificuldade em explicar o conceito. De forma preocupante Cidra e Teixeira (apud SILVA, LABURÚ e NARDI, 2008, p. 2) relatam que

“(...)em muitos livros, principalmente os de Química e de Física introdutória, são utilizadas expressões infelizes, referindo-se, por exemplo, ao calor de um corpo como se o calor fosse uma propriedade do corpo; ou ainda empregam termos como energia térmica, por meio de um conceito indefinido, muitas vezes obscuro e ambíguo”.

Os autores ainda destacam algumas frases comumente encontradas nos livros de Física de todos os níveis de ensino e atestam que a maioria estabelece princípios inadequados como: *o fluxo de calor cedido ou absorvido, passa calor do primeiro para o segundo, o calor que tem um corpo, etc.* Esta terminologia remete erroneamente a um conceito de calor como sinônimo de fluido. O artigo sugere que os termos usados estão fortemente associados à antiga teoria a respeito da temperatura dos corpos, a Teoria do Calórico.

Machado (2015), em sua dissertação de mestrado intitulada “O ensino da Física Térmica na perspectiva da aprendizagem significativa: uma aplicação no Ensino Médio” investiga a possibilidade de aprendizagem significativa no ensino da calorimetria. Foi utilizado como referencial teórico a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. A proposta foi aplicada em uma escola da rede estadual na cidade Entre Rios de Minas. O trabalho em sala de aula partiu de um teste inicial que verificou a existência de conhecimentos prévios. A partir dos resultados aconteceu um conjunto de aulas para trabalhar o conteúdo de calorimetria orientados pelas necessidades verificadas no teste.

O teste constou de itens associados aos conhecimentos pré-existentes no estudo da calorimetria e classificou como sendo de: *sistemas, calor, conversão de energia, energia elástica, energia potencial, energia cinética, equilíbrio térmico, processos de transmissão de calor, transformação de temperatura, potência, grandezas diretas,*

⁵ Can the study of Thermo chemistry facilitate students differentiation between heat energy and temperature? Journal of Science Education and Technology, v. 15, n. 3, 2006.

⁶ A lakatosian framework to analyze situations of cognitive conflict and controversy in students understanding of heat energy and temperatura. Journal of Science Education and Technology, v. 11, n. 3, 2002.

grandezas inversas, análise das grandezas no gráfico, paredes diatérmicas e adiabáticas, funcionamento de termômetros, conceito de temperatura e unidade de medida de massa, ao final das aulas foi aplicado o teste de conhecimentos adquiridos, demonstrando uma melhora nos conceitos externados pelos alunos.

A fim de fornecer para os alunos um texto introdutório que não contivesse os erros apontados na literatura, decidimos escrever o nosso próprio texto, que é um dos componentes do produto educacional, contido no Apêndice A.

2.3 Estratégias de ensino

Lidar com diferentes estratégias de ensino não é uma tarefa fácil. *“Na tentativa de estabelecer a melhor comunicação com os alunos, a apresentação do conteúdo deve fugir da modalidade puramente expositiva, pois esse hábito reforça a ideia do conteúdo pronto e acabado”* (ANASTASLOU e ALVES⁷, p. 5). No ensino de ciências é importante que o aluno entenda o papel do fazer ciência, da mudança constante e da evolução científica. O papel do professor deve ser o de criar as condições de aprendizagem, o que necessariamente requer a participação ativa do estudante.

Silva e Sousa (2007) realizaram um estudo sobre o uso de mapas conceituais como estratégia de promoção e avaliação da aprendizagem significativa de conceitos da calorimetria, em nível médio. O trabalho buscou verificar a eficácia da utilização de mapas conceituais no ensino de calorimetria. *O “trabalho utilizou como referencial teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e buscou evidências da aprendizagem através dos subsunçores, e foi desenvolvida por materiais potencialmente significativos”* (SILVA e SOUSA, 2007, p. 63). A proposta foi aplicada em uma turma de segundo ano do Ensino Médio. Os instrumentos metodológicos utilizados foram: *“i) construção de mapas conceituais durante o desenvolvimento do estudo; ii) avaliações da aprendizagem através de testes, provas e dos mapas conceituais; iii) registro dos eventos importantes e pertinentes ocorridos durante as aulas; iv) questionário de opinião”*. (Ibid., p. 66)

⁷ Texto para a web disponível em <http://www.ufmt.br/proeg/arquivos/2dc95cd453e52a78a17dcc157f04dbf6.pdf>. Acessado em 29/06/2016.

O estudo obteve como resultado a caracterização dos mapas conceituais como um excelente recurso didático. Além de promover a aprendizagem, os mapas conceituais foram de grande valia quando utilizados como método avaliativo. Os autores da proposta consideram o desempenho dos alunos insatisfatório quanto à fixação dos conceitos de calorimetria, atribuindo esse insucesso ao pouco tempo que os alunos dispuseram na familiarização com essa estratégia de ensino.

Araujo e Mazur (2013) publicaram o artigo “Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física”. Ambos os métodos tem como objetivo modificar a dinâmica de sala de aula, levando o aluno a discutir ideias sobre o conteúdo com os colegas, e tornando-o agente ativo da sua aprendizagem (ARAUJO E MAZUR, 2013).

O *Peer Instruction* ou Instrução Pelos Colegas é um método de ensino em que as exposições dos professores são curtas, durando até 20min, focando, na medida do possível, em um único conceito. Logo em seguida, o professor projeta para os alunos uma questão conceitual de múltipla escolha a ser respondida de forma individual. Com o uso de um sistema de votação instantâneo (cartelas, dispositivos eletrônico,...), o professor conhece as respostas dos alunos ao término da votação e dependendo deste resultado conduz a aula por distintos caminhos. Se o percentual de acertos na primeira votação se situar entre 30% a 70%, os alunos passam a discutir entre si, de preferência em grupos constituídos por alunos que tenham optado por alternativas distintas. Transcorridos cerca de 5min, o professor realiza nova votação individual. O professor, então, discute todas as alternativas de resposta e posteriormente ou apresenta um novo conceito ou uma nova questão conceitual, sobre o mesmo conceito, repetindo o sistema de votações. Quando o índice de acertos na primeira votação é menor do que 30%, o professor reapresenta o conceito, de preferência de alguma maneira alternativa, seguindo-se uma questão conceitual. Caso o índice de acertos seja superior a 70% o professor ou apresenta novo conceito ou nova questão conceitual sobre o mesmo conceito. Resultados de pesquisa mostram que o percentual de acertos tende a ser maior na segunda votação (ibid.).

O *Just in Time Teaching* ou Ensino sob Medida faz com que o aluno tome contato com a matéria a ser estudada já antes da sala de aula. Para tal são fornecidos materiais a serem trabalhados antes da aula, como textos, vídeos e simulações, sobre os quais os alunos respondem eletronicamente algumas perguntas. Tomando contato com

as respostas dos alunos antes da aula, o professor prepara sua exposição sob medida para aqueles alunos. Nessa exposição é usual a projeção algumas das respostas erradas dos alunos, sem a identificação do respondente, para apontar onde estão falhas na argumentação. Resultados de pesquisa evidenciam que os alunos se sentem valorizados ao verem que as suas respostas são consideradas pelo professor. (ibid)

Inspirados nessas ideias, no produto educacional elaborado, previmos que as correções das atividades experimentais fossem realizadas com a projeção de respostas erradas pré-selecionadas, para se esclarecer aos alunos onde exatamente ocorreram imprecisões ou erros.

2.4 Atividade experimental

O uso de atividade experimental em sala de aula teve uma forte expansão no início da segunda metade do século XX, quando ocorreu grande difusão de atividades experimentais em escolas ao redor do mundo (GALIAZZI et al., 2001). Desde então, os objetivos do uso de aulas experimentais vêm sendo discutidos. Para Borges *as metas que mais comumente expressam aquilo que os estudantes devem aprender têm sido:*

- “1) adquirir conhecimento científico;
- 2) aprender os processos e métodos das ciências;
- 3) compreender as aplicações da ciência, especialmente as relações entre ciência e sociedade, e ciência-tecnologia-sociedade”. (BYBEE; DEBOER. apud BORGES, 2002, p. 11).

O aprendiz acessa os principais produtos da ciência e compreende os métodos utilizados pelos cientistas na produção de novos conhecimentos (BORGES, 2002), entendendo que o processo científico é uma construção humana (CNE/CEB, 1998). No geral “os professores de ciências, tanto do ensino fundamental quanto do médio acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo” (BORGES, 2002, p. 11), mas paradoxalmente, o que se observa é que muitos professores não utilizam os laboratórios e nenhum recurso experimental.

“Curiosamente, várias das escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, no entanto, por várias razões, nunca são utilizados, dentre às quais cabe mencionar o fato de não existirem atividades já preparadas para o uso do professor; falta de recursos para aquisição de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção”. (Ibid., p. 11).

Cabe destacar aqui que para ocorrer uma atividade prática não se necessita exatamente de um laboratório e sim de um núcleo de métodos ativos orientados para algum propósito (BORGES, 2002). A esses propósitos Borges (2002) destaca que

“(...)Atividades de resolução de problemas, modelamento e representação, com simulações em computador, desenhos, pinturas, colagens ou simplesmente atividades de encenação e teatro, cumprem esse papel de mobilizar o envolvimento do aprendiz. Essas atividades apresentam, muitas vezes, vantagens claras sobre o laboratório usual, uma vez que não requerem a simples manipulação, às vezes repetitiva e irrefletida, de objetos concretos, mas de idéias e representações, com o propósito de comunicar outras ideias e percepções”. (Ibid., p. 12)

A dificuldade no uso de laboratórios não é exclusividade do ensino básico e é percebida em todos os níveis de ensino. Mesmo quando existe a prática experimental “o professor trabalha quase sempre com objetivos de ensino pouco claros e implícitos, confiando em sua experiência anterior com cursos similares” (Ibid., p. 16), sem ter explícito o objetivo da prática experimental e não oportunizando ao aluno entender a razão da prática experimental.

Em seu artigo “Novos rumos para o laboratório escolas de ciências”, Borges (2002) lista quatro objetivos que tradicionalmente estão associados ao uso do laboratório de ciências: “1) verificar/ comprovar leis e teorias científicas; 2) ensinar o método científico; 3) facilitar a aprendizagem e compreensão de conceitos; 4) ensinar habilidades práticas” (Ibid., p. 17-19). Os quatro objetivos podem ser atingidos, desde que o professor tenha preparado a atividade os considerando. Dos quatro objetivos destacamos o primeiro, verificar/ comprovar leis e teorias científicas como o mais falacioso. Nesse objetivo, o aluno busca compreender fenômenos naturais, uma lei ou teoria. O que se percebe é que o roteiro pré-determinado busca atingir um objetivo que, ao ser percebido, tem sua operação de dados manipulados pelo aluno de forma intencional para obter a resposta certa (BORGES, 2002).

Borges (2002) sugere como alternativa aos roteiros fechados do tipo “receita de bolo” uma alternativa que “consiste em estruturar as atividades de laboratório como investigações ou problemas práticos mais abertos, que os alunos devem resolver sem a direção imposta por um roteiro fortemente estruturado ou por instruções verbais do professor” (BORGES, 2002, p. 21).

Abid e Araújo (2003) analisaram a produção sobre o uso de práticas experimentais como estratégia de ensino. Os autores pesquisaram artigos publicados na

Revista Brasileira do Ensino de Física, Física na Escola e no Caderno Catarinense para o Ensino de Física entre os anos de 1992 e 2001. Foram encontrados 92 artigos que foram analisados conforme o seguinte enfoque metodológico:

“Foram investigadas a área temática das publicações e diversos aspectos metodológicos relacionados com as propostas de atividades experimentais, como a ênfase matemática empregada, o grau de direcionamento das atividades, o uso de novas tecnologias e a relação com o cotidiano” (ABID e ARAÚJO. 2003, p. 176).

Os autores do artigo classificaram as atividades experimentais como sendo **Quantitativas**:

“Nesse tipo de abordagem podem ser atingidos diferentes objetivos, com destaque para a possibilidade de se comparar os resultados obtidos com os valores previstos por modelos teóricos. A verificação de leis físicas e de seus limites de validade também são objetivos alcançados através do uso da experimentação quantitativa”. (Ibid., p. 180)

O estudo ainda constatou que um terço das publicações a respeito de práticas experimentais são classificadas como quantitativas e ainda observou que estas atividades caracterizam-se por terem estruturas fixas, o que os autores chamam de *receita de bolo*.

Atividades de demonstração/ observação, são práticas experimentais adotadas e gerenciadas por professores para validar um sistema físico ou observar um comportamento. É o tipo de experimento prático que possui a maior quantidade de artigos publicados. É caracterizado pela passividade dos alunos. Os autores salientam que o *“recurso pode ser interessante se aplicado de forma a incentivar a participação dos alunos, permitindo questionamentos e rearranjos da prática de maneira a criar condições para a formulação de hipóteses”* (Ibid., p. 182).

Utilização de novas tecnologias são trabalhos utilizando o computador no processo de coleta, geração e análise de dados a partir de programas que permitem construir os sistemas sob estudo. Menos de 10% dos trabalhos encontrados estão associados a esse enfoque metodológico. Os autores atentam para o fato de que houve um aumento expressivo desse enfoque didático no início do século XXI, mas que o número de trabalhos ainda é baixo frente sua potencialidade.

Relação com o cotidiano. Foram indicados com essa classificação artigos que se relacionam com situações do cotidiano, observando se os conceitos estudados

poderiam ser utilizados como explicações para os fenômenos ligados ao dia a dia (ABID e ARAÚJO, 2003).

Montagem de equipamentos. Foi indicado com essa classificação artigos que procuravam explicar a montagem de determinado aparato, visando indicar detalhes da confecção e possíveis aplicações para o mesmo.

Os autores esclarecem que alguns trabalhos possuíam mais de uma característica e que para classificá-los foi determinada a característica predominante. Ao todo foram encontrados 92 artigos sobre práticas experimentais como estratégia de ensino, dos quais 28 eram de mecânica, 21 de óptica geométrica, 19 de eletromagnetismo, sete de Física moderna, quatro de calorimetria, quatro de hidrodinâmica, três de gases, três de astronomia e três de ondulatória. Nota-se que comparando com outras áreas da Física, a calorimetria possui poucas práticas experimentais. Além dos artigos classificados acima, foram encontrados 14 artigos cujo foco temático é direcionado para a área de formação de professores.

Em pesquisa mais recente Hodson (apud GALIAZZI et al, 2001) lista dez motivos que justificam a utilização de aulas experimentais, que são:

1. estimular a observação acurada e o registro cuidadoso dos dados;
2. promover métodos de pensamento científico simples e de senso comum;
3. desenvolver habilidades manipulativas;
4. treinar em resolução de problemas;
5. adaptar as exigências das escolas;
6. esclarecer a teoria e promover a sua compreensão;
7. verificar fatos e princípios estudados anteriormente;
8. vivenciar o processo de encontrar fatos por meio da investigação, chegando a seus princípios;
9. motivar e manter o interesse na matéria;
10. tornar os fenômenos mais reais por meio da experiência". (Hodson, 1998, apud GALIAZZI et al., 2001, p. 252-253)

Além dessas justificativas, pode haver o caráter motivador, mas nem sempre uma atividade prática será motivadora (GALIAZZI et al., 2001). Para ser motivadora, antes de tudo, ela deve fazer sentido para o aluno, se relacionar com os conhecimentos já dominados, ser de fácil entendimento e ter espaço para que o aluno possa aprender com ela.

Para enriquecer o aprendizado é importante que o aluno, além da prática experimental, resolva problemas que integrem os conceitos, consolidando seu aprendizado.

“A resolução de problemas é um meio não só para a realização de aprendizagem conceituais, mas também para o desenvolvimento integrado de competências específicas de uma dada área do saber (dos domínios do conhecimento substantivo e processual, do raciocínio e da comunicação) e de competências gerais relacionadas com a resolução de problemas, tomadas de decisões, aprender a aprender, pesquisa e utilização de informação, autonomia e criatividade”. (LEITE, 2001; LAMBROS, 2002; LAMBROS 2004 apud LEITE e ESTEVES, 2005, p. 6)

No presente trabalho a experimentação é utilizada para dar sustentação ao modelo teórico que é trabalhado em aula. Após as práticas experimentais os alunos resolvem problemas nos quais é necessário integrar conceitos previamente aprendidos, relacionando com o que está sendo observado, inferindo sobre diferentes situações.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Em concordância com uma visão atual da educação, o ensino básico tem como objetivo dar base para o aluno exercer a cidadania (TRAVITZKI, 2013). “*Nesse processo as Ciências da Natureza tem como um dos mais relevantes objetivos auxiliar o aluno no processo de compreensão da Ciência como uma construção humana*” (CNE/CEB, 1998, p. 48). A escola é o espaço em que isso deve ocorrer, mas, perseguindo este objetivo, ao longo da história da psicologia e da metodologia educacional, o processo de ensino-aprendizagem propôs alternativas variadas. Enquanto até os anos 1970 a teoria que suportava o ensino era comportamentalista, a partir da década de 1980 emergiu o construtivismo, defendido até hoje, ainda que muito distante da maior parte das aulas de Física do Ensino Médio. Nos dias atuais há uma necessidade crescente em adequar os conteúdos de Física à vida cotidiana, não no sentido de banalizar a abstração, ou de forma desesperado-desastrosa contextualizar o que não se pode, mas sim trazer os conceitos Físicos para a realidade dos alunos tornando o ensino de Física mais atraente e significativo para o aprendiz, podendo lhe ser útil fora dos muros da escola.

O produto educacional apresentado nesta dissertação foi desenvolvido de forma a envolver o aluno com os conteúdos estudados, não de maneira mecânica e literal, mas sim significativa, que faça sentido para ele, permitindo estabelecer relações com situações do seu dia a dia. Sua elaboração e aplicação em sala de aula levou em conta a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. Por isso os elementos centrais dessa teoria são apresentados na próxima seção, tomando como base Moreira (1999, 2011).

3.1 Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel

Segundo Ausubel, aprendizagem significativa ocorre quando um novo conhecimento adquire significado por se ancorar, de forma não arbitrária e não literal, em elementos relevantes da estrutura cognitiva do aprendiz, chamados de subsunçores. Subsunçores nada mais são do que conhecimentos específicos, como conceitos, ideias e proposições pré-existentes na estrutura cognitiva do aluno. A atribuição de significado a novos conhecimentos não ocorre sem a existência de subsunçores adequados para o estabelecimento de relações substantivas (não literais) na estrutura cognitiva. Como

resultado da aquisição de novos conhecimentos, os subsunçores se enriquecem e, também, novos subsunçores se formam de modo que a possibilidade de novas aprendizagens significativas se amplia. O conhecimento prévio do aluno é, portanto, um fator fundamental para uma aprendizagem significativa. Por isso Ausubel dizia: “*o fator mais importante que influencia na aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe. Averigue isso e ensine-o de acordo*” (Ausubel, 1978 apud OSTERMANN e MOREIRA, 1999, p. 45). Mas o que fazer quando o aluno ainda não dispõe dos subsunçores necessários? É preciso introduzir o que foi denominado de organizadores prévios, ou seja, materiais introdutórios que possam servir de ponte entre aquilo que o aluno já sabe e o que se espera que ele aprenda.

Quando as relações entre o novo conhecimento e a estrutura cognitiva do aprendiz são arbitrárias e literais, Ausubel diz que a aprendizagem foi mecânica. Porém, para Ausubel, as aprendizagens mecânica e significativa são dois extremos de um contínuo. Com frequência uma aprendizagem é inicialmente mecânica e gradativamente progride para aprendizagem significativa.

Há duas condições para que ocorra aprendizagem significativa conforme a Teoria de Ausubel (MOREIRA, 2011):

- i) o material instrucional deve ser potencialmente significativo, ou seja, ter significado lógico e psicológico para aquele que aprende; e
- ii) o aluno deve estar motivado para aprender de modo significativo.

Outro conceito importante da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel é a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora, que propõe que se comece com uma visão mais geral, gradativamente diferenciem-se os conceitos trabalhando-os em detalhe e, via reconciliação integradora, faça-se sistemáticas conexões entre os conceitos e proposições e as ideias centrais da matéria em estudo.

Ausubel propõe esse princípio programático do conteúdo baseado em duas hipóteses (AUSUBEL, apud MOREIRA, 2011, p. 41):

“1) é menos difícil para o ser humano captar aspectos diferenciados de um todo mais inclusivo previamente aprendido do que chegar ao todo a partir de suas partes diferenciadas previamente aprendidas; 2) a organização do conteúdo de um corpo de conhecimento na mente de um indivíduo é uma estrutura hierárquica na qual as ideias mais inclusivas estão no topo da estrutura e, progressivamente, incorporam proposições, conceitos e fatos menos inclusivos e mais diferenciados”. (Ibid., p. 41)

Considera-se que a aprendizagem foi significativa quando o aluno consegue aplicar a uma nova situação o conceito aprendido. Portanto, para avaliação da aprendizagem significativa é necessário a proposição de questões que requeiram transferência de conhecimento.

Na construção do material instrucional, apresentado em detalhes no Capítulo 4, procuramos seguir as recomendações de Moreira (1999, p. 160-161), que estabelece quatro pontos fundamentais para a consecução de um ensino com potencial para a aprendizagem significativa:

“1. Identificar a estrutura conceitual e proposicional da matéria de ensino, isto é, identificar os conceitos e princípios unificadores, inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras, e organizá-los hierarquicamente de modo que, progressivamente, abranjam os menos inclusivos até chegar aos exemplos e dados específicos.

2. Identificar quais os subsunçores (conceitos, proposições, ideias claras, precisas e estáveis) relevantes a aprendizagem do conteúdo a ser ensinado, que o aluno deveria ter em sua estrutura cognitiva para poder aprender significativamente este conteúdo.

3. Diagnosticar aquilo que o aluno já sabe; determinar, dentre os subsunçores especificadamente relevantes (previamente identificados ao “mapear” e organizar a matéria de ensino), quais os que estão disponíveis na estrutura cognitiva do aluno.

4. Ensinar utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino de uma maneira significativa. A tarefa do professor aqui é a de auxiliar o aluno a assimilar a estrutura da matéria de ensino e organizar sua própria estrutura cognitiva nessa área de conhecimento, por meio da aquisição de significados claros, estáveis e transferíveis”.

Na próxima seção apontamos como esses aspectos foram considerados no desenvolvimento do módulo didático.

3.2 A aprendizagem significativa e o presente trabalho

Nessa seção, indicamos como foram levadas em conta as ideias fundamentais da Teoria de Ausubel no desenvolvimento do módulo didático, sem detalhar o produto, que, como já dissemos, será apresentado no Capítulo 4.

Após a identificação dos conceitos mais relevantes de Física Térmica que fariam parte da matéria de estudo e dos tipos de gráficos pertinentes, procurou-se organizar o módulo didático de modo a se começar com os conceitos mais gerais e inclusivos e gradativamente trabalhar com os mais específicos. Para isso foi elaborado um texto introdutório e uma apresentação inicial acompanhada de *slides*, em alto nível de generalidade, para dar uma visão panorâmica ao aluno do conteúdo a ser trabalhado ao longo do módulo didático. Nessa apresentação inicial, particular atenção foi dada à importância que a representação gráfica desempenhou no desenvolvimento da humanidade, na expectativa que esse tipo de discussão tenha potencial para atrair o interesse do aluno. Particular atenção também foi dada para que o texto introdutório estivesse redigido em um vocabulário ao alcance dos alunos e em uma sequência lógica adequada, de modo a poder se constituir em um material potencialmente significativo para a maior parte dos alunos do Ensino Médio.

A organização conceitual da matéria de estudo procurou priorizar o aumento progressivo no grau de dificuldade dos conceitos apresentados. No caso dos gráficos, procurou-se apresentá-los segundo os três níveis de Curso, conforme discutido no Capítulo 2. Para diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos, elaborou-se um teste de sondagem sobre conhecimentos relativos à construção e interpretação de gráficos.

Com o duplo objetivo de motivar e requisitar o envolvimento no processo de aprendizagem, por parte dos alunos, a proposta didática incorpora diversas estratégias de ensino, como aulas expositivo-dialogadas, com recursos de projeção de *slides*, aulas práticas, correção de relatórios experimentais feita pelo professor com a projeção de respostas (sem identificação), para a discussão das dúvidas suscitadas e erros cometidos (inspirados em Araujo e Mazur, 2013), resolução, em casa ou em pequenos grupos em aula, de listas de exercícios incluindo questões do ENEM e dos concursos vestibulares.

Pode parecer surpreendente ao leitor que listas de exercícios sejam consideradas elementos motivadores para os alunos. Segundo o autor deste trabalho, o motivo de tal posicionamento se deve à vivência como professor nos últimos anos, tanto na escola pública quanto na particular. Desde que os objetivos do exame ENEM se ampliaram, passando a ser uma porta de acesso à universidade e a programas governamentais, como o Ciência sem Fronteiras, o interesse dos alunos em serem bem sucedidos no ENEM

tem crescido. Portanto, discutir questões do ENEM em sala de aula tem sido um fator motivador para os alunos. Por isso as listas propostas mesclam questões selecionadas do ENEM, e dos concursos vestibulares, com questões por nós concebidas.

No próximo capítulo, onde será apresentado o produto educacional, ficará mais clara a importância que a Teoria da Aprendizagem Significativa desempenhou neste trabalho.

4 MÓDULO DIDÁTICO

Neste capítulo apresentamos o módulo didático produzido que, como dito anteriormente, tem como objetivo desenvolver a habilidade de leitura e interpretação de gráficos, usuais no estudo de Física em nível de ensino médio, partindo do seu uso no contexto da Física Térmica. Os conteúdos de termometria e calorimetria abordados estão divididos em sete tópicos, para os quais foram previstas um número total de 20 horas-aula, conforme especificado no Quadro 1.

Tópico	Descrição	Recurso didático	Nº de aulas
Gráficos	Visão geral do que será estudado.	Aula expositivo-dialogada. Leitura de texto.	1
Termometria	Estudo das escalas termométricas, conversão entre as escalas.	Aula expositivo-dialogada. Trabalho sobre o texto. Lista de exercícios.	3
Experimental: calorimetria	Curva de resfriamento de porção de água.	Aula experimental. Vídeo calor específico da água e do óleo e correntes de convecção.	3
Calorimetria	Calor sensível, calor latente e capacidade térmica.	Aula expositivo-dialogada. Lista de exercícios. Correção das atividades do vídeo calor específico da água e do óleo e correntes de convecção.	5
Potência Térmica	Potência térmica, conversão entre unidades de medida, processos de vaporização.	Aula expositivo-dialogada. Lista de exercícios. Experimento demonstrativo.	4
Equilíbrio térmico	Conservação de energia térmica, equilíbrio térmico, calorímetro.	Aula expositivo-dialogada. Lista de exercícios.	2
Experimental: Equilíbrio térmico	Verificar o equilíbrio térmico entre uma porção de água e um pedaço de metal.	Lista de exercícios. Aula experimental.	2

Quadro 1: Relação e descrição sucinta dos tópicos a serem abordados, número de aulas correspondentes a cada tópico e recursos didáticos previstos.

Visto que o referencial teórico deste trabalho é a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, é fundamental aferir os conhecimentos prévios dos alunos e, para isso, elaborou-se um teste para sondagem dos conhecimentos a respeito de gráficos da Física. Esse mesmo teste também é utilizado para aferir os conhecimentos adquiridos e por isso foi denominado Pré-teste. (Vide Apêndice B).

Os recursos didáticos incluem:

- leitura de texto introdutório;
- exposição-dialogada do professor sobre os conceitos principais, procurando partir do conhecimento prévios dos alunos;
- atividades experimentais em grupos;
- projeção de respostas dos alunos a questões relativas às atividades;
- resolução de listas de exercícios;
- atividades relacionadas a vídeos sobre calorimetria.

Passamos a descrever sucintamente como está previsto o uso de cada um desses recursos no módulo didático.

Leitura de texto introdutório

Na primeira aula os alunos recebem um texto intitulado *O Calor: do uso coloquial ao científico* (Apêndice A). Esse texto serve como base para a discussão inicial a respeito do conteúdo a ser estudado no módulo, introduzindo o vocabulário e possibilitando debater a evolução dos conceitos físicos relativos à termologia. Traçando uma linha temporal acerca dos conceitos de calor e temperatura, o texto apresenta algumas antigas teorias, a iniciar pela teoria dos antigos filósofos gregos até os dias atuais, com a Teoria Cinética da Matéria. Sobre esse texto são propostas algumas questões, a serem respondidas pelos alunos até a aula seguinte. Tais questões constam ao final do texto, no Apêndice A.

Aulas expositivo-dialogadas

São previstas aulas expositivo-dialogadas ministradas de forma que os conteúdos sejam apresentados do mais geral e inclusivo ao mais específico e, posteriormente reconciliado, do mais particular ao mais geral. Assim, os exemplos são apresentados de forma a relacionar o que será aprendido com o que já é de conhecimento dos alunos.

Além disso, propõe-se uma constante relação dos novos conceitos com os subsunçores, a fim de integrar significados. O conjunto dos planos de aula, bem como o material instrucional, encontra-se no Apêndice C.

Atividades experimentais em grupos

Para a orientação dos alunos durante as atividades experimentais são previstas explanações antes e durante o experimento, além de os alunos receberem guias impressos, constantes no Apêndice D. As práticas experimentais foram idealizadas de forma a levar o aluno a se apropriar de conceitos sobre os conteúdos de calorimetria e termometria, ancorados em seus conhecimentos prévios. Além disso, as práticas experimentais, propostas para serem feitas em grupos, visam desenvolver habilidades e competências relacionadas à leitura, análise e interpretação de gráficos.

Projeção das respostas dos alunos a questões relativas à atividade experimental

Após a prática experimental, cada grupo responde uma série de questões com aumento progressivo de dificuldade e que foram concebidas de forma a levar o aluno a pensar e debater a resolução das questões com os seus colegas. Após responderem, as questões são recolhidas, corrigidas e posteriormente entregues e discutidas. Durante a discussão, inspirados no método *Peer Instruction* (ARAUJO e MAZUR, 2013), são projetadas questões com respostas erradas, sem a identificação dos autores da resposta, e debatida a correta resolução com a turma (o conjunto das questões propostas para as atividades experimentais constam no Apêndice D).

Listas de exercícios e vídeos

As listas de exercícios foram planejadas de forma a ter exercícios com acréscimo progressivo de dificuldade, de forma a favorecer uma aprendizagem significativa. As listas contêm questões de termologia, cuja resolução depende da leitura e interpretação de gráficos, estão classificadas conforme o Quadro 2. Em algumas aulas são encaminhados para casa vídeos pertinentes ao estudo da termologia. Junto com os vídeos há uma lista de questões para trabalhar o que foi aprendido. Todos os exercícios para casa, texto, lista de exercícios e exercícios dos vídeos, são corrigidos e debatidos com os alunos dentro de cada tópico, sendo resolvidas as dúvidas existentes.

Nível	Ação requerida do estudante
1 - ler os dados	leitura do gráfico, se a resolução da questão está associada à organização e/ou retirada de informações do gráfico.
2 - ler entre os dados	ler entre os dados, caso além da leitura o aluno precise relacionar a leitura com o fenômeno estudado ou estabelecer relações entre os dados e o comportamento físico.
3 - ler além dos dados	ler além dos dados, caso além da leitura o aluno deva inferir sobre a informação indo além dos dados fornecidos.

Quadro 2: Baseados na classificação de Curcio (apud FERNANDES E MORAIS, 2011), indicamos as ações requeridas do estudante na resolução de questões envolvendo gráficos de Física.

As questões também foram classificadas conforme o correspondente tópico de Física nas categorias especificadas no Quadro 3.

a	Termometria
b	Calor Sensível
c	Calor Latente
d	Capacidade Térmica
e	Potência Térmica
f	Mistura térmica

Quadro 3: Legendas utilizadas para identificação do(s) tópico(s) de Física abordado(s) em cada questão.

O Quadro 4 apresenta um panorama geral das questões que compõem as diversas listas de exercícios, constantes no Apêndice E. As questões estão divididas conforme o nome da lista, sendo cada questão classificada quanto ao tópico de Física necessário para a resolução da questão, assim como o nível de dificuldade da escala de Curcio. Por exemplo, para a resolução da questão 14 da lista de potência térmica, o aluno precisa de conceitos de calor sensível, capacidade térmica e potência térmica. Quanto à classificação de Curcio, as questões que não envolvem a análise de gráficos na sua resolução são indicadas com o número 0; as que envolvem gráficos são classificadas conforme o Quadro 2, ou seja, o número 1 se a resolução for satisfeita com a *leitura dos dados do gráfico*, 2 caso seja necessário *ler entre os dados do gráfico*, e 3 caso seja necessário *ir além dos dados fornecidos pelo gráfico*. As células que contêm um ponto indicam que não existe a referida questão na lista.

Número da Questão	Termometria	Calor esp. e cor. de convecção	Calorimetria	Potência Térmica	Mistura Térmica
1	a0	b0	b0	e0	b0, f0
2	a0	b0	b2	e0	b0, f0
3	a0	b0	c0, e0	e0	b0, f0
4	a0	b0	b0	b0, e0	b0, f0
5	a2	b0	b3	b0, e0	b3, c3
6	a0	b0	b0	b0, e0	b3
7	a0	b0	b2, c2	b0, e0	b0, f0
8	a0	b0, co	b3	b0, e0	•
9	a0	•	b1, d1	b2, c2	•
10	a0	•	b3, c3	b0, c0	•
11	a0	•	b0	b0, e0	•
12	a0	•	b1, d1	b3, c3	•
13	a3	•	b3	b1, e1	•
14	a0	•	b2, d2	b1, d1, e1	•
15	a0	•	b0	b2, e2	•
16	a0	•	b2, c2	b2, e2,	•
17	a0	•	b3	b2, c2, e2,	•
18	a0	•	b3	b1	•
19	a3	•	b1, d1	c2	•
20	a0	•	b2, c2	c1, e1	•
21	a0	•	b3, c3	•	•
22	•	•	b2, c2	•	•
23	•	•	b2, c2	•	•
24	•	•	b3, c3	•	•
25	•	•	b3, c3	•	•

Quadro 4: Classificação dos exercícios e conteúdos de Física quanto a classificação de Curcio.

Este produto educacional foi aplicado parcialmente em uma experiência didática realizada no primeiro semestre de 2015 e reaplicado, no seu todo, no primeiro semestre de 2016. No próximo capítulo apresenta-se o relato circunstanciado da sua aplicação no primeiro semestre de 2016.

5 APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Neste capítulo apresentamos o contexto da aplicação do módulo didático (seção 5.1) e a descrição (seção 5.2) de todas aulas ministradas no período de 23/02/2016 a 06/04/2016.

5.1 Contexto da aplicação

O produto educacional foi aplicado no Colégio Concórdia de Porto Alegre, Rua Presidente Franklin Roosevelt, 770 – São Geraldo. O Colégio Concórdia é uma escola centenária (114 anos) da cidade de Porto Alegre e está localizada na zona norte da cidade, atendendo a alunos de mais de 15 bairros da cidade e cidades vizinhas. O público predominante é originário de bairros periféricos de Porto Alegre (Humaitá e Farrapos).

A escola passa por um momento ímpar em que ocorrem diversas mudanças em procedimentos pedagógicos e metodológicos, o que a levou ao destaque por ter sido, em nível nacional, a escola que, no ano de 2015, mais posições avançou no ranking de desempenho das escolas no ENEM. Em sua estrutura Física conta com um amplo espaço de biblioteca, dois laboratórios de informática e um laboratório de ciências.

Aplicou-se o produto em uma turma de segundo ano do Ensino Médio, constituída por 37 alunos, sendo 21 meninos e 16 meninas, com idade média de 16 anos.

Na tentativa de dar significado para o produto educacional e sabendo da resistência dos alunos frente a gráficos, concebemos uma primeira aula com foco em dois objetivos: i) ilustrar as vantagens do uso de representações gráficas no dia a dia e no estudo das ciências, indo além de uma simples explanação a respeito dos gráficos, mostrando diversas possibilidades dessa ferramenta de representação; ii) motivar os alunos indicando diversas possibilidades e recursos que a análise gráfica oferece, bem como dar uma ideia geral do conteúdo de Física a ser explorado nas próximas aulas.

5.2 Relato das aulas

Apresenta-se na sequência a descrição das aulas desenvolvidas com o módulo didático. Os planos de aula e slides usados nas aulas expositivo-dialogadas constam no Apêndice C. Nas aulas de exercícios o professor caminha entre os alunos para responder a possíveis dúvidas.

Aplicação do pré-teste (23/02/2016)

Horário: quarto período de aula (10h10 até 11h00).

Número de alunos presentes: 34 alunos, sendo 20 meninos e 14 meninas.

O primeiro aluno a devolver o teste levou 13min para solucionar as questões e o mais demorado, 50 min. A média de tempo de resolução da avaliação foi de 29min. O maior percentual de acertos foi de 79% na questão 05, e o menor percentual foi de acertos 3%, na questão 13.. O pré-teste encontra-se no Apêndice B.

Durante a aplicação surgiram três dúvidas pertinentes ao teste:

- 1) O que é uma transformação cíclica?
- 2) Na questão 13 um aluno perguntou onde estaria a segunda carga, já que a primeira corresponderia ao valor expresso no gráfico ($9 \times 10^3 \text{N}$).
- 3) Na questão 11 um aluno perguntou se i/t indicaria que apenas se deve dividir os valores no gráfico.

Quanto à transformação cíclica foi informado para o aluno que essa informação não era vital para a resolução do problema e que deveria resolver conforme os seus conhecimentos. Na questão 13 foi informado ao aluno que a curva representava a força de interação entre as cargas em diferentes distâncias e que essa informação estava no enunciado da questão. Quanto à questão 11, o aluno foi orientado a resolver conforme os seus conhecimentos.

Gráficos (24/03/2016)

Horário: segundo período de aula (8h15min até 9h)

Número de alunos presentes: 35 alunos, sendo 20 meninos e 15 meninas

Objetivos: demonstrar as vantagens do uso de representações gráficas no dia a dia e no estudo das ciências; conquistar os alunos mostrando diversas possibilidades e recursos que a análise gráfica oferece; dar uma visão panorâmica do conteúdo de Física a ser explorado nas próximas aulas.

A primeira aula foi apresentada dentro do tempo esperado (45min) tendo rico debate durante a apresentação.

Ao iniciar a aula foi feita uma discussão a respeito da figura introdutória aos *slides* (Figura C.1.a). Foi debatido o uso diário da energia provida por diferentes fontes. A figura cumpriu o objetivo de chamar atenção e despertar curiosidade nos alunos. Uma aluna fez o seguinte comentário, em relação à figura da lupa, o sol e a fogueira:

“Certa vez li que quase todas as energias eram provenientes do sol, mesmo que indiretamente, pois a água usada em usinas hidroelétricas, por exemplo, provém da chuva que está ligada ao ciclo de evaporação da água.” (Aluna 9)

Ao explicar isso, foi esclarecido à aluna que, no geral, as pessoas consideram energia solar apenas àquelas provenientes diretamente do sol e que, no caso das usinas hidroelétricas, a energia é provida indiretamente pelo sol.

O vídeo sobre o funcionamento da máquina térmica (Figura C.1.c) despertou a curiosidade dos alunos quanto ao funcionamento de uma usina termoelétrica. Como uma das saídas de estudo prevista para o ano letivo é uma visita à Usina Nuclear de Angra dos Reis, os alunos fizeram diversas perguntas sobre como a energia era transformada de nuclear para elétrica. Foi feito um desenho explicando as etapas de funcionamento da usina desde a fissão nuclear até o funcionamento da turbina elétrica e o descarte do vapor condensado no mar.

O vídeo da centelha da palha de aço (Figura C.1.d) levou à discussão do conceito de capacidade térmica. A aluna 26 comentou sobre o soldador que, ao cortar o ferro não se queima com as fagulhas. Um número significativo de alunos ficou boquiaberto com a temperatura da palha de aço (próximo a 2000°C) e questionaram por que não há consequências maiores quando a palha de lã entra em contato com a pele. Nesse momento foi discutido o conceito de capacidade térmica e citado o exemplo da gota de óleo fervente que, apesar de estar a uma temperatura muito menor, queima a pele.

Quanto ao *slide* com várias representações (Figura C.1.e), os alunos foram questionados sobre o que aquelas figuras tinham em comum. A aluna 28 foi a única que respondeu que todas passavam alguma informação ao leitor. Nesse momento foi feito um breve comentário a respeito de cada uma das imagens reforçando a importância da comunicação dentro da ciência. Comentou-se o quanto o uso de gráficos e tabelas estava presente no dia a dia deles, observando que o gráfico apresentado era uma ilustração de jornal eletrônico.

A representação de temperatura mínima e máxima constante nos *slides* das Figuras C.1.f, C.2.a e C.2.b inicialmente não atingiu o objetivo. Durante a explanação foi percebido que os alunos não percebiam uma grande diferença entre expor os dados usando tabela ou gráfico. Os alunos então foram questionados sobre quanto tempo eles levaram para responder que a temperatura daquele sistema era oscilante. Foi questionado também se, ao invés de apresentar a tabela, por primeiro, fosse apresentado o gráfico, eles levariam mais ou menos tempo para perceber (Os valores do gráfico indicavam um sistema no qual a temperatura oscilava entre máxima e mínima). Nesse momento houve uma grande concordância de que o gráfico representava melhor aquela oscilação, e que se perceberia mais rapidamente a variação da temperatura.

Na sequência foram apresentados seis exemplos de gráficos, listamos um a um em ordem decrescente quanto à riqueza da discussão gerada em sala de aula, partindo do gráfico de maior potencial significativo para o de menor potencial significativo para o aluno.

O gráfico de maior significado para os alunos foi o da posição *versus* tempo (Figura C.2.f), que pode erroneamente remeter à trajetória de um objeto. Quando perguntado aos alunos qual movimento esse gráfico representaria, a aluna 21 respondeu que não poderia representar um avião pousando e nem uma criança em um tobogã, já que em alguns momentos o gráfico transmitia a informação de que o objeto estaria parado, e nas duas alternativas apresentadas o objeto não poderia estar parado. A aluna 06 respondeu que não poderia representar nenhuma das alternativas apresentadas já que no gráfico, no eixo das abscissas, é apresentada a grandeza tempo e não deslocamento horizontal.

O gráfico temperatura *versus* energia (Figura C.2.e) ilustrou a quantidade de informações que um gráfico pode carregar. Percebeu-se que os alunos gostaram da

apresentação sobre o que esse gráfico descrevia, porém ao serem questionados sobre o que representa as retas paralelas ao eixo das abscissas (energia), ninguém respondeu. Os alunos foram então questionados em quais situações era fornecida energia para um corpo sem ocorrer mudança de temperatura. Junto à pergunta, foi dito que possivelmente eles já haviam estudado isso no Ensino Fundamental. O aluno 12 respondeu que tal aconteceria se um corpo mudasse de fase. Foi perguntado também porque uma das retas tem maior declividade. A aluna 02 comentou que para uma mesma quantidade de energia a transformação representada pela primeira reta inclinada sofria uma menor variação de temperatura. Nesse momento foi citado o exemplo da água na fase líquida e do gelo que demandam quantidades de energia diferentes para mudar de temperatura nas diferentes fases. Ao terminar a explanação, foi apontado no gráfico onde estavam indicadas as temperaturas em que ocorriam mudanças de fase e foi percebido que, no geral, os alunos gostaram da análise e perceberam a quantidade expressiva de informações que se pode retirar do gráfico.

O gráfico do coeficiente de dilatação (Figura C.3.b) gerou um debate entre os alunos. Ao serem questionados, alguns alunos responderam que no gráfico maior a barra crescia mais “rapidamente”. Foi comentado com a turma que ali não havia nenhuma informação sobre tempo e sim do comprimento *versus* temperatura. Poucos segundos após isso ser dito, os alunos perceberam que a escala dos dois gráficos eram diferentes. O aluno 20 comentou que eles haviam estudado a escala de mapas em geografia.

Ao apresentar o gráfico de uma transformação gasosa (Figura C.3.c) foi questionado se eles já haviam trabalhado com a área do gráfico em alguma disciplina. Vários alunos responderam que haviam trabalhado na Física do primeiro ano. Partindo do que os alunos disseram, foi desenhado no quadro um gráfico V *versus* t e perguntado o que a área entre a curva e o eixo dos tempos representava. O aluno 20 respondeu que representava o deslocamento e, após isso, vários alunos concordaram.

O gráfico em formato pizza (Figura C.2.d), apresentado para mostrar a utilidade em apresentar dados percentuais foi relevante à medida que, conforme os alunos, esse tipo de gráfico é mais utilizado por eles em trabalhos escolares.

O gráfico da frequência de público presente nos estádios (Figura C.2.c) serviu para mostrar uma forma diferente de apresentar os valores em um gráfico. Não houve

nenhum comentário dos alunos. No final da aula foi entregue aos alunos o texto *O calor: do uso coloquial ao científico* (Apêndice A), que deveria ser lido em casa, para discussão na aula seguinte.

Termometria (01/03/2016)

Horário: quinto e sexto períodos de aula (11h até 12h35min)

Número de alunos presentes: 36 alunos, sendo 21 meninos e 15 meninas

Objetivos: compreender o contexto histórico da temperatura; diferenciar medições em diferentes escalas termométricas; estabelecer graficamente a relação entre diferentes escalas termométricas.

O conteúdo ministrado na aula foi apresentado dentro do tempo esperado (50min) tendo rico debate durante a apresentação. O exemplo final, que seria corrigido em aula, foi encaminhado como tema a ser corrigido na próxima aula.

Ao iniciar a aula foi debatido o texto *O calor: do uso coloquial ao científico*. Durante o debate, foi feito um resumo das teorias acerca da temperatura, que incluíram a antiga Teoria Grega, a Teoria do Flogisto, a Teoria do Calórico, e a Teoria Cinética da matéria. Ainda no início da aula foi citado aos alunos que o objetivo da aula era o estudo das escalas termométricas.

Durante a explanação, após falar sobre a teoria do calórico, foi apresentado aos alunos o *slide* em que aparecem diversos termômetros diferentes (Figura C.4.b). Nesse momento foi feito um recorte da explanação sobre o texto e discutido com os alunos o termômetro e seu funcionamento. Foram levados para sala de aula dois termômetros: um termômetro etílico e um termopar para serem mostrados aos alunos e, aproveitando a situação, foi explicado o funcionamento de cada um deles. Após a apresentação, foi perguntado aos alunos qual era a função do termômetro. Diversos alunos responderam que a função era medir a temperatura. Após esse momento, os alunos foram questionados quanto à forma em que era medida a temperatura antes da existência do termômetro, já que o texto trata de teorias datadas do século V a.C. Esse momento de reflexão foi aproveitado para explorar outras grandezas físicas dando dois exemplos discriminados na sequência.

No primeiro exemplo, foi colocada a mão na maçaneta da porta e depois na madeira e perguntado a eles em qual dos objetos a temperatura era mais baixa. Alguns poucos alunos responderam em voz baixa que seria a maçaneta enquanto a maioria ficou pensativa. Foi esclarecido ao grupo que a temperatura era a mesma citando o conceito de equilíbrio térmico e o conceito de condução térmica. Nesse momento o aluno 13 pediu para responder. Autorizado, ele disse que *essa sensação ocorria porque a maçaneta era de ferro e roubava mais rapidamente a temperatura*. O aluno foi parabenizado pela participação e foi feita uma pequena correção dizendo que o que era roubado era a energia, por um processo chamado calor. No segundo exemplo foi pedido aos alunos para imaginarem a seguinte situação: mergulhar a mão em um balde com água a 60°C por alguns instantes e depois colocar a mesma mão em um balde a 40°C. Os alunos foram questionados se a sensação que eles teriam seria de frio ou quente? A resposta foi unânime afirmando que a sensação seria de frio. Os exemplos foram concluídos ao ser citado o fato de que medir a temperatura comparando entre quente e frio era um tanto impreciso e que esse procedimento estaria associado ao nosso sistema sensorial que é afetado por diversas outras grandezas físicas além da temperatura. Ao ser finalizada a discussão do texto, foi citada a Teoria Atômica de Dalton e explicada a Teoria Cinética da Matéria.

A primeira escala termométrica apresentada foi a escala celsius (Figura C.4.c). Entre os pontos apresentados em aula, um em especial chamou atenção dos alunos. Quando apresentada a escala com seus respectivos pontos de fusão do gelo e ebulição da água, foi citado que a nomenclatura antiga da escala era o grau centígrado. Alguns alunos, dos quais destaco os alunos 26 e 33, comentaram que já ouviram pessoas usarem tal nomenclatura. Foi esclarecido para o grupo que a mudança da nomenclatura ocorreu em 1947. Para demonstrar quão recente é essa data foi exemplificado que o pai do professor de Física deles (autor desta dissertação) nasceu em 1946 e que a proximidade da data da alteração explicaria porque, ainda hoje, o termo perdura na linguagem popular. Foi citado ainda que o termo centígrado é utilizado para indicar escalas cuja diferença entre os pontos de fusão de ebulição é de 100 unidades. Durante a explanação, o aluno 16 perguntou por que estava escrito no *slide* (Figura C.4.c) a referência *ao nível do mar*. Ele perguntou ainda se em diferentes altitudes o valor da temperatura dos pontos de fusão e ebulição seriam diferentes. Foi esclarecido que sim, que, por exemplo, o valor da temperatura relativa ao ponto de ebulição diminui com o

aumento de altitude e foi citado como exemplo o monte Everest, em que a água ferve a aproximadamente 71°C.

No *slide* da escala fahrenheit (Figura C.4.d), foram apresentados aos alunos os pontos de fusão do gelo e ebulição da água e comentado sobre o uso da escala em países como os Estados Unidos e a Inglaterra. Ao apresentar a escala, foram mencionados os mitos que rondam os valores de 32°F e 212°F e que a versão histórica mais defendida para esses valores é de que os pontos fixos teriam sido inicialmente definidos por Fahrenheit como 0°F – mistura de salmoura e amônia (NH₄) – e 600°F – ponto de ebulição do mercúrio. Ao final da apresentação sobre a escala fahrenheit, foi citado que em regiões de baixa temperatura e no meio hospitalar a indicação em fahrenheit era interessante à medida que temperaturas abaixo de 0°C, até -17,7°C são positivas na escala de temperatura fahrenheit e que uma pessoa é diagnosticada com febre, na escala fahrenheit, quando sua temperatura entra nos três dígitos de indicação (100°F).

No *slide* da escala kelvin (Figura C.4.e), iniciou-se a apresentação dizendo que a escala kelvin pertence ao Sistema Internacional de Unidades (S.I.). O aluno 10 perguntou ao professor se, no S.I., a única escala era a kelvin. Foi esclarecido para o grupo que sim. Ao apresentar os pontos de fusão e ebulição chamou-se a atenção para o fato de que para fins de simplificação usaremos os valores arredondados para 273 e 373K ao invés de 273,15 e 373,15K. Foi discutido com os alunos o conceito do zero absoluto e a mínima energia que o elemento pode ter.

Após a explanação a respeito das escalas termométricas trabalhou-se com os alunos a dedução da equação de conversão entre as escalas celsius, kelvin e fahrenheit. Nesse momento o *slide* da Figura C.4.d permaneceu projetado. Junto à construção da equação foi representada graficamente a relação entre as três escalas. Os alunos apresentaram relativa dificuldade com os cálculos e surgiram algumas perguntas, das quais podemos destacar:

O aluno 12, que estava ao lado do aluno 11, perguntou se existia limite superior para temperatura, já que inferior existia (zero absoluto). Foi respondido que não, mas que em temperaturas elevadas o átomo se ioniza e não teríamos mais a matéria da forma que a conhecemos. Nesse momento, o aluno 11, que estava ao lado, perguntou por que não estudamos o estado de plasma junto com os estados da matéria e as mudanças de

fase. Foi comentado com a turma que não havia uma explicação lógica e que eles vão estudar plasma ao final do ensino médio.

O aluno 10 perguntou diversas vezes se os valores que havíamos calculado nas escalas celsius e fahrenheit, correspondentes ao zero absoluto, nunca mudariam. Foi respondido que não, que aqueles eram valores fixos.

Ao ser construído o gráfico da relação entre a escala celsius e fahrenheit, a aluna 35 perguntou se o gráfico seria sempre o mesmo e se ela sempre poderia usar a mesma equação. Foi respondido que sim, que inclusive de tanto usarem acabariam decorando a equação de conversão.

O aluno 32 perguntou de forma individual se poderia usar uma equação, que ele já conhecia, mas era diferente da que havia sido apresentada em aula.. Ao apresentar a equação de seu conhecimento foi percebido que ela era muito semelhante à deduzida em aula. Foi mostrado, então, ao aluno, as simplificações necessárias para transformar essa equação naquela de seu conhecimento.

Ao ser apresentado o slide da Figura C.5.a foi debatido com os alunos a diferença entre temperatura e variação de temperatura. Após esse momento foi apresentado um problema (Figura C.5.b) para eles praticarem, a ser finalizado em casa e corrigido na próxima aula. O aluno 23 perguntou de forma individual, se a variação de temperatura no gráfico apresentado era de 1°C para 6°X . Respondeu-se que sim e o aluno foi auxiliado a montar a equação de conversão entre as escalas. Ao finalizar a aula foram entregues as questões constantes no Apêndice A, referentes ao texto O calor: do uso coloquial ao científico, a serem respondidas em casa e devolvidas pelos alunos na próxima aula. Depois de finalizada a aula e soado o sinal, a aluna 7 pediu ajuda quanto aos cálculos. Indicou-se à aluna o erro que ela estava cometendo, pedindo-se para que apresentasse o cálculo correto na próxima aula.

Termometria (02/03/2016)

Horário: quinto período de aula (11h até 11h50min).

Número de alunos presentes: 34 alunos, sendo 20 meninos e 14 meninas.

Objetivos: compreender o contexto histórico da temperatura; diferenciar medições em diferentes escalas termométricas; estabelecer graficamente a relação entre diferentes escalas termométricas.

A aula foi dividida em dois momentos. No primeiro momento foi corrigida a questão que havia ficado pendente na última aula (Figura C.5.b) e, no segundo momento os alunos trabalharam na lista de exercícios do tópico de termometria.

O primeiro momento acabou se estendendo por 15 minutos, bem além do esperado, pois surgiram muitas dúvidas, como é relatado neste parágrafo. Ao iniciar a aula foi desenhado no quadro o gráfico do problema a ser corrigido (Figura C.5.b). Foi comentado que para deduzir a equação de conversão entre as escalas eles deveriam retirar do gráfico a temperatura de dois pontos diferentes. Nesse momento o aluno 11 perguntou se esses pontos deveriam ser obrigatoriamente os pontos de fusão e ebulição. Foi esclarecido que não era obrigatório e que a relação matemática seria válida mesmo com outros pontos. A aluna 21 ainda comentou que um dos pontos indicados no gráfico era o ponto de fusão do gelo. Foi construída uma tabela indicando que o 0°C correspondia a 25°X e o 10°C correspondia ao 85°X . A partir da tabela, a equação de proporção entre as escalas foi aplicada deduzindo-se a equação. Foi proposto aos alunos que encontrassem o valor correspondente ao zero absoluto na escala X. Alguns alunos perguntaram se, para calcular, deveriam substituir por zero a T_c (temperatura em celsius). Foi afirmado que eles deveriam fazer isso, mas não substituindo por zero e sim pelo correspondente valor na escala celsius. Alguns alunos perguntaram se era -273°C e foi afirmado que sim e que na aula anterior já havia sido calculado esse valor. O valor encontrado foi indicado no gráfico. Após esse momento, os alunos foram desafiados com o seguinte problema: existe uma temperatura que, expressa em Celsius, possui o dobro do valor que quando expressa na escala X. Os alunos ficaram pensativos, foi pedido para levantar a mão quem achava que sim e a turma ficou dividida. Parte da sala levantou a mão e parte dela permaneceu com a mão baixada. Após deixá-los pensar bastante foi esclarecido no quadro que, para resolver esse problema, deveria ser usado um sistema de equações. Ao resolver o problema foi feita a prova real substituindo os valores encontrados na equação de conversão para ver se os resultados coincidiam. Foi percebido que os alunos ficaram confusos e decidido continuar a discussão, os alunos foram questionados se, ao medir a temperatura de um corpo, existia a possibilidade do valor da temperatura medida ter o mesmo valor na escala celsius e na escala fahrenheit.

Novamente a turma voltou a ficar dividida. Foi escrita no quadro a equação de conversão entre celsius e fahrenheit, resolvido o sistema de equações para encontrar a resposta, e obtido o valor de -40°C . O aluno 10, que na aula anterior havia perguntado diversas vezes se o zero absoluto expresso nas escalas celsius e fahrenheit nunca mudava, fez o mesmo estilo de pergunta insistindo se -40°C sempre seria igual a -40°F . Foi esclarecido que sim e, uma vez sabendo disso, nunca mudaria. A aluna 17 fez uma grande confusão. Ela não estava entendendo porque na relação entre as escalas X e celsius, para resolver o problema havia sido criada a relação $T_x = 2T_c$ e, na pergunta sobre a escala celsius e fahrenheit, usou-se a relação $T_f = T_c$. No mesmo momento em que a aluna apresentou a dúvida, o aluno 19 sinalizou que também não havia entendido. Foi pedida a atenção de todos e repetida toda a explicação. Ao final da explanação foi percebido que, apesar de ser uma aula curta, os alunos pareciam cansados. Pode-se notar que alunos com maior dificuldade na matemática tiveram grande dificuldade em entender a resolução do problema.

No segundo momento, que acabou ficando curto (10min) devido às muitas dúvidas apresentadas na resolução do problema, os alunos trabalharam nos exercícios (Apêndice E.1) enquanto o professor transitava entre as mesas para retirar possíveis dúvidas. A solução das dúvidas foi individualizada e, na sequência, apresentam-se as dúvidas manifestadas pelos alunos na resolução da lista de exercícios.

Na questão 05, o aluno 24 apresentou dificuldade em esboçar o gráfico da questão. O aluno foi ajudado no procedimento.

Na questão 14, os alunos 11 e 33 perguntaram como fariam para resolver o problema que apresentava diversas temperaturas. Foi mostrado para eles que o problema tratava da variação de temperatura e seria desnecessariamente trabalhoso usar a equação de transformação entre as unidades. Os alunos foram lembrados de que havia sido visto na aula anterior uma equação relacionando a variação de temperatura em diferentes escalas termométricas.

Na questão 15, diversos alunos apresentaram dificuldade em montar a equação do sistema. Os alunos foram orientados nesse procedimento, mas mesmo assim apresentaram grande dificuldade em resolver esse problema.

Experimento sobre a curva de resfriamento da água (08/03/2016)

Horário: quarto e quinto período de aula (10h10min até 11h50min).

Número de alunos presentes: 36 alunos, sendo 20 meninos e 16 meninas

Objetivos gerais: Oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações. Apresentar ao aluno, mesmo que de forma indireta, importantes conceitos de calorimetria tais como potência e capacidade térmica. Familiarizar os alunos com a terminologia e conceitos pertencentes à calorimetria.

Objetivos específicos: Ler, interpretar e organizar dados em uma tabela identificando as variáveis (condições iniciais e grandezas variáveis), construir o gráfico da temperatura da amostra em função do tempo identificando que a variação de temperatura não é linear. Comparar os gráficos criados pelo seu grupo com o gráfico em diferentes situações de condições iniciais.

A aula foi dividida em dois momentos. Nos primeiros 30 minutos foram corrigidas questões da lista de exercícios sobre Termometria (Apêndice E.1). Após uma rápida votação aberta por aclamação, junto aos alunos, foram selecionadas para serem corrigidas as questões 05, 11, 12, 13, e 15. Os alunos foram orientados que caso tivessem dúvidas nas outras questões procurassem individualmente o professor ao longo da aula para maiores explicações. No segundo momento da aula, que durou 70 minutos, foi realizado o experimento sobre a curva de resfriamento da água (planos de aula no Apêndice C e material instrucional no apêndice D).

Ao iniciar a aula foi percebido que os alunos estavam envergonhados para manifestar suas dúvidas. A correção dos exercícios foi iniciada pela questão 11, os alunos foram questionados se -300 poderia ser uma indicação em kelvin. Diversos alunos responderam que não, e logo em seguida foi feito o mesmo questionamento para a escala celsius. Um número menor de alunos respondeu que não. O aluno 10 afirmou que já havia sido visto na aula passada que a mínima temperatura em kelvin era -273°C.

A resolução da questão 12 gerou um grande debate quanto à formulação, pois não ficou claro se a questão estaria perguntando se a água ou a mão resfriaria. Durante a discussão da questão, chegou-se a interpretação que a pergunta abordava o que acontecia com a mão. Para enriquecer o debate, os alunos foram levados a pensar também o que aconteceria com a água. Alguns alunos demoraram a entender que 300K

correspondia a 27°C . O cálculo de conversão entre as duas escalas foi refeito, demonstrando como converter as temperaturas e transformando 300K para 27°C . Diversos alunos brincaram com os colegas dizendo que a questão era muito fácil.

A aluna 17 pediu para que o professor corrigisse a questão 05. Ela estava com dificuldade de entender a diferença entre a temperatura e a variação de temperatura. Nesse momento foram calculadas as correspondentes temperaturas de 5 e 15°C nas escalas kelvin e fahrenheit. Para ilustrar a diferença, os alunos foram induzidos a um pensamento coletivo. Foi perguntado se, uma pessoa que tem 100kg de massa e engorda 10kg fica com que massa? Todos responderam 110kg , foi perguntado então qual seria a diferença entre 110 , 10 e 110kg fazendo uma comparação com 5 , 10 e 15°C . Os alunos mostraram relativa satisfação com a comparação.

Foi demonstrado que na escala fahrenheit a variação de temperatura era diferente do que nas escalas celsius e kelvin. Durante a conversão entre as escalas e, após ter calculado o correspondente a 5°C na escala fahrenheit, a aluna 6 perguntou se para obter a temperatura em kelvin poderia usar a relação entre fahrenheit e kelvin ao invés da equação de conversão entre celsius e kelvin. Foi respondido positivamente e a aluna 21 comentou que seria muito mais fácil utilizar a equação de conversão entre celsius e kelvin porque não tem fração. A aluna 06 questionou porque os pontos fixos eram pontos de mínimo e de máximo. Foi explicado que para encontrar a equação de conversão entre as escalas deveria ser usado pontos fixos que correspondiam ao ponto de fusão e de ebulição, mas que esses pontos não representavam o mínimo ou o máximo. Foi lembrado que a temperatura mínima hipotética era o 0K e que não existia limite superior.

Os alunos 09, 14 e 22 pediram para que fosse resolvida a questão 15. A resolução foi iniciada com o comentário sobre o seu grau de dificuldade e que para resolvê-la deveria ser criado um sistema algébrico. Diversos alunos apresentaram grande interesse na resolução dessa questão. Após sua solução pelo método de substituição de variáveis, o aluno 20 perguntou se poderia resolver o sistema de forma diferente, usando a soma das funções. Foi verificado no caderno e ele havia respondido de forma correta.

A questão 13 foi corrigida no quadro sem muitas dificuldades. O aluno 23 comentou que a equação de conversão era bem parecida com a relação celsius e kelvin.

Foi comentado que a escala X também era uma escala centígrada e que isso justificava a similaridade e simplicidade da questão.

Ao longo do experimento, o aluno 11 solicitou uma ajuda para resolver a questão 13 dizendo que não havia entendido. O aluno foi ajudado na resolução da questão novamente.

A prática experimental aconteceu dentro do tempo planejado ocorrendo apenas um incidente ao final. Segue na sequência uma breve descrição dos acontecimentos. A prática experimental foi iniciada com uma explicação aos alunos que o vidro tipo becker possui uma indicação de volume (em ml) e que no relatório era solicitada a massa de água. Foi colocada no quadro a equação que relaciona densidade, massa e volume. Junto a isso, foi explicado que cada grupo deveria seguir o roteiro que havia programado quanto ao intervalo de tempo para cada coleta de dados. Foram dadas algumas sugestões quanto à montagem do gráfico, a distribuição do espaço no plano cartesiano e os dados coletados e a administração do tempo. Como a prática foi feita em grupos de três ou quatro alunos, foi sugerido que eles dividissem as atividades para que todos trabalhassem.

A primeira dificuldade apresentada foi a de ler o termômetro. Dos treze termômetros disponíveis, seis eram de mercúrio e apresentavam números muito pequenos. A coloração prateada dificultou a leitura da temperatura. Quatro grupos foram ajudados na leitura inicial.

O grupo B perguntou o motivo de ter quatro colunas vazias no relatório (Apêndice D). Foi explicado que alguns grupos iriam aferir mais de dez vezes a temperatura, o que justificava o grande espaço disponível.

Apesar de terem sido orientados do contrário, os grupos F, G, e I ligaram os pontos na hora de montar o gráfico. Foi entregue uma segunda folha para que tivessem a chance de corrigir o erro. As folhas com erro foram recolhidas para posterior discussão.

Logo após marcar os pontos no gráfico, o grupo B solicitou ajuda e perguntou se aquela curva teria alguma coisa a ver com as curvas apresentadas na questão 04 do relatório (Apêndice D). Respondeu-se positivamente, chamando a atenção que aquelas curvas demonstravam o resfriamento de uma amostra metálica em diferentes condições de resfriamento. O grupo questionou se, por ser metálica, a amostra influenciaria na

curva de resfriamento. Para levar os alunos a pensarem sobre o assunto, foram questionados se, ao colocar um pedaço de metal na geladeira e uma amostra de água, admitindo-se amostras de massas iguais, qual resfriaria primeiro? O grupo concordou que a amostra metálica resfriaria primeiro, sendo complementado ainda que, para aquecer ou resfriar o metal é necessário uma quantidade menor de energia trocada se compararmos com uma porção de água.

Os grupos B e E, ao terminar a segunda parte do experimento (no qual os alunos tomaram os dados com uma quantidade diferente de água) perguntaram se a quantidade de água influenciaria na curva. Aproveitando o momento foi trazido um exemplo. Os alunos foram questionados se, ao colocar no refrigerador um copo e uma garrafa de dois litros cheios de água, qual resfriaria primeiro? Ambos os grupos concordaram que a massa influenciaria e continuaram produzindo o relatório.

O grupo A solicitou ajuda porque estava preocupado com a demora. Eles haviam combinado de aferir a temperatura a cada dois minutos. Os alunos foram aconselhados a aferir apenas dez medidas e assim se enquadrarem no tempo de dois períodos.

Os grupos C, D e F apresentaram dificuldade em montar o gráfico. Não conseguiam estabelecer uma escala coerente com as medidas apresentadas. Ou seja, a variação de 5°C , por exemplo, em diferentes tempos tinham diferentes representações no gráfico.

O grupo G perguntou o que é reta tangente. Foi explicado ao grupo associando ao que já trabalhamos em mecânica. Foi feito o gráfico de uma curva em uma folha de rascunho e ilustrado o conceito de reta tangente.

Ao final do experimento e soar o sinal a professora do próximo período entrou na sala e sem querer ligou o aquecedor elétrico na tomada, que rapidamente superaqueceu sendo em seguida desligado, nada grave acontecendo.

Correção da atividade experimental e calorimetria (09/03/2016)

Horário: primeiro e segundo período de aula (7h30min até 9h).

Número de alunos presentes: 37 alunos, sendo 21 meninos e 16 meninas sendo que os alunos 05 e 32 chegaram no segundo período de aula

Objetivos: compreender os conceitos da calorimetria; oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações; familiarizar os alunos palavras e conceitos pertencentes à calorimetria.

Ao iniciar a aula o aluno 10 disse ter ficado intrigado quanto ao resultado das duas amostras de água do experimento da aula anterior. O aluno 10 perguntou porque as curvas do seu grupo haviam ficado tão diferentes se a temperatura inicial era a mesma. Foi lembrado ao grupo o exemplo do copo e da garrafa de água no refrigerador no qual todos foram unânimes de que o copo resfriaria primeiro.

Ao iniciar a apresentação de *slides* (Figuras C.9 e C.10), foram projetados gráficos da curva de resfriamento da água. Primeiramente foram discutidos gráficos que apresentavam algum problema de estruturação. O momento foi de rica interação, tendo os alunos identificados nos exemplos alguns problemas que enfrentaram na hora de construir seu gráfico.

O grupo G fez um comentário interessante. O gráfico do grupo apresentou uma forte variação de temperatura entre 80 e 100s de experimento. O grupo optou por medir a temperatura em intervalos de tempo de 20s e, até 80s, a temperatura diminuiu à média de 2°C a cada intervalo medido e, entre 80 e 100s, a temperatura diminuiu 6°C. Ao perguntar, os alunos disseram achar engraçado que isso aconteceu coincidentemente quando o grupo percebeu que não estava mexendo a amostra como era sugerido no relatório. Nesse momento alguns grupos comentaram terem deixado o termômetro parado durante todo o experimento. Foi debatido com a turma, à luz das correntes de convecção que, para uma melhor qualidade dos dados a amostra deveria ter sido mexida o tempo todo, já que o fluido está perdendo energia para o entorno e apresenta diferentes temperaturas em diferentes regiões. Foi comentado com os alunos que ao final da aula seria encaminhado um trabalho sobre as correntes de convecção (Apêndice E.2).

Quanto ao tópico de calorimetria, foi apresentado parte dos *slides* previstos. Ao iniciar a apresentação retomou-se o conceito de calor específico que já havia sido discutido na aula de gráficos. Foi discutido com os alunos porque um soldador, mesmo

lidando com altíssimas temperaturas não se queima com as fagulhas (Figura C.9.b). Os alunos apresentaram dúvidas com relação à temperatura das fagulhas. Diversos alunos me questionaram como saber que a temperatura era altíssima. Em resposta foi feita uma rápida introdução à lei de Wein.

No *slide* sobre o calor específico da areia (Figura C.9.c) foi discutido e exemplificado aos alunos que o baixo calor específico da areia propicia um rápido e intenso aquecimento ao ser incidido pela luz do sol. Nesse momento foi debatido com os alunos uma característica da água que é o alto calor específico, discutindo a influência da umidade do ar na amplitude térmica exemplificando, por exemplo, que em regiões desérticas, devido a baixa umidade do ar, a amplitude térmica é grande. Nesse momento os alunos perguntaram sobre a cidade de Porto Alegre. Perguntaram se a presença do Rio Guaíba influenciava na amplitude térmica da cidade. Foi esclarecido que maior umidade relativa tendia a oferecer menor amplitude térmica, mas que existiam outros fenômenos climáticos influenciando a temperatura como, por exemplo, o deslocamento de massas de ar quente ou massas polares.

A aula encerrou no *slide* da Figura C.9.c e a apresentação será continuada na próxima aula.

Calorimetria (14/03/2016)

Horário: sexto período de aula (11h50min até 12h35min)

Número de alunos presentes: 35 alunos, sendo 20 meninos e 15 meninas

Objetivos: compreender os conceitos da calorimetria; oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações; familiarizar os alunos palavras e conceitos pertencentes à calorimetria.

A aula iniciou a partir do *slide* da Figura C.9.d que ilustra a diferença entre aquecimento e mudança de fase. Foi esclarecido que a mudança de fase constitui-se na passagem de um estado de agregação da matéria para outro. Foi retomada a Teoria Cinética da Matéria, já discutida juntamente com o texto “O calor: do uso coloquial ao científico” (Apêndice A). A aluna 26 perguntou se esse movimento a que eu me referia

seria tipo uma vibração. Foi esclarecido que sim e que a temperatura estava associada à energia cinética média de translação das moléculas que compõem o corpo.

O aluno 19 perguntou por que não se consegue atingir o zero kelvin. Foi respondido que era inatingível e que adiante aprenderemos mais sobre isso quando estudarmos entropia. Na sequência foi complementado que temperaturas próximas de zero são atingidas sem nunca se alcançar 0K. Fez-se ainda uma rápida discussão sobre as tecnologias de resfriamento como, por exemplo, o uso de nitrogênio e hélio líquido.

Destacou-se que a agitação térmica influencia também em outro fenômeno conhecido pelos alunos, a dilatação térmica dos materiais. Nesse momento o aluno 12 perguntou sobre a dilatação anômala da água. Foi explicado a ele, individualmente e no final da aula, que para determinada faixa de temperatura a água sofria expansão ao resfriar. O aluno foi aconselhado a deixar um copo completamente cheio de água no congelador forrado com um papel embaixo para comprovar que o nível de água aumenta antes de congelar, já parte do líquido extravasa o copo.

Para complementar o debate em aula foi apresentado o *slide* da Figura C.9.e. Nele apresenta-se uma panela sobre o fogão e que, no geral leva menos tempo para esquentar até o ponto de ebulição do que depois para vaporizar toda a água. Notou-se que para vaporizar a água é demandada uma quantidade de energia muito grande quando comparada à necessária para a fusão do gelo, por exemplo. Foram comparados os valores de calor específico e o calor latente de vaporização da água. Os valores foram escritos no quadro e destacado que, para aquecer em um grau celsius um grama de água era necessário uma caloria enquanto para vaporizar essa mesma quantidade de água seriam necessárias 540 calorias.

Ao perceber que alguns alunos não entenderam, com um termômetro termopar em mãos foi mostrada a diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura dentro de uma porção de água. Ao ser medida a temperatura fora da água registrou-se 25°C e dentro da água 23°C. Os alunos foram questionados sobre o que aconteceria se fosse retirada a ponteira do termopar de dentro da água. Nesse momento foi feita uma brincadeira citando o quadro novo do Jornal dominical Fantástico em que é apresentada uma situação e existem três possibilidades de respostas, o quadro *você só tem uma chance*. Foi perguntado a eles se permaneceria a mesma temperatura, se diminuiria ou se a temperatura voltaria a ser 25°C. Apenas 3 alunos citaram que a temperatura

diminuiria. Ao tirar o termopar da água eles se surpreenderam com a indicação, 19°C. Foi explicado a eles que a temperatura diminuía porque havia evaporação ocorrendo na ponteira do termopar. A aluna 25 perguntou por que às vezes era falado evaporação e às vezes ebulição. Foi feita nesse momento uma pausa na apresentação e retomado o conceito, mostrando ambos os processos de vaporização, a ebulição e a evaporação. Foi explicado que para cada grama de água que evapora demanda 540 cal, sendo esta energia retirado do entorno, acarretando o abaixamento da temperatura conforme notado com o termopar anteriormente.

A aluna 36 perguntou se ao sair da piscina as pessoas sentiam frio porque a água do corpo (proveniente da piscina) estava evaporando. Foi esclarecido que sim, mas que há outros fenômenos acontecendo e que a sensação de frio da saída da piscina estava também associado à sensação proveniente da diferença de temperatura da piscina e do ar, do vento e que seria muito difícil associar a sensação térmica a apenas a um fator.

No *slide* sobre as transformações de fase (Figura C.9.f) foi citado o estado de plasma e o exemplo do Sol, em que as altas temperaturas fazem com que a matéria do astro esteja em estado de plasma. Foi comentado ainda que está errado dizer que o Sol é composto por hidrogênio, oxigênio etc. e que deve-se dizer que ele é composto pelo núcleo desses elementos já que em altíssimas temperaturas o átomo se ioniza e os elétrons escapam. Os alunos 11 e 23 lembraram que algumas aulas atrás eles haviam comentado sobre o plasma em aula.

Foi explicada de forma qualitativa a diferença entre o calor sensível e calor latente mostrando que em uma transformação devem ser respeitadas as mudanças de fase (Figura C.10.a). Foi citado como exemplo uma barra de gelo a -20°C, antes de virar líquido a 20°C, deve sofrer a mudança de fase ao atingir 0°C e que depois de fundir, a água no estado líquido aquecer até 20 °C.

Foi feita uma pergunta desafio: qual o estado de uma molécula de água. A pergunta foi feita acreditando que boa parte dos alunos responderia líquido. Após vários alunos responderem, o aluno 19 respondeu corretamente dizendo que uma molécula apenas não teria nenhum estado físico associado. Foi esclarecido aos alunos que para a água ter atribuído o estado físico associado, ela deve estar agrupada com no mínimo seis moléculas de H₂O. Alguns alunos perguntaram por que seis moléculas e foi comentado que as ligações de hidrogênio formam uma estrutura hexagonal.

Alguns alunos apresentaram dificuldade com a nomenclatura, questionando qual era a diferença entre átomo, partícula e molécula. Foi esclarecido a eles que o átomo era a menor porção que compunha um elemento químico, a molécula era composta por átomos e que partícula é designada para definir algo com pequenas dimensões, como por exemplo, quando falamos em uma partícula de pó.

No *slide* da Figura C.10.b foi comparada a situação apresentada no *slide* com a curva de resfriamento de duas porções de água construída na aula prática. Ao apresentar o *slide*, foi comentado com os alunos os processos que a água sofria ao aquecer e mudar de fase, esclarecendo a diferença entre agitação das moléculas e o estado de agregação da matéria.

Ao apresentar o *slide* da Figura C.10.c, a aluna 28 perguntou por que no resfriamento tinha uma curva característica diferente da que se via no gráfico apresentado no *slide*, composto por retas. Foi esclarecido que a curva do *slide* da referida figura era uma representação idealizada e que nessa representação não se considera a evaporação da água, as perdas de energia para o meio e admite-se que o calor específico durante as mudanças de temperatura seja constante. Ao questionar os alunos quanto à pergunta apresentada, diversos alunos acertaram a pergunta indicando que teria água líquida presente nas transformações B, C e D. Os alunos foram parabenizados pela resposta e passou-se ao *slide* seguinte (Figura C.10.d).

Quanto à pergunta sobre os processos em que haveria água vaporizando apenas o aluno 19 deu uma resposta correta. Diversos alunos se surpreenderam e foi comentado que a forminha de gelo, mesmo estando no congelador, o gelo tende a sumir já que na forma sólida existe sublimação.

Ao apresentar o calorímetro (Figura C.10.e) foi citada a garrafa térmica e a função de isolamento. Foi comentado também sobre o uso de calorímetro nos experimentos de Física Térmica e a importante função de isolamento.

O aluno 33 informou que, para investigar o que havia sido tratado na aula anterior, colocou uma tampa de garrafa de refrigerante com água no congelador e que iria controlar quanto tempo à água leva para sublimar por completo. O aluno foi incentivado para que tirasse fotos periodicamente para controle. Este estudo foi

realizado e posteriormente originou uma postagem do Centro de Referência para o Ensino de Física (CREF), da UFRGS, intitulada **É verdade que gelo vaporiza?**⁸

Ao finalizar a aula foi entregue a lista de exercícios de Calorimetria (Apêndice E.3).

Calorimetria (16/03/2016)

Horário: primeiro e segundo períodos de aula (7h30min até 9h)

Número de alunos presentes: 37 alunos, sendo 21 meninos e 16 meninas sendo que os alunos 31 e 40 chegaram no segundo período de aula.

Objetivos: compreender os conceitos da calorimetria; oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações; familiarizar os alunos palavras e conceitos pertencentes à calorimetria.

O Quadro 5 presente na seção 5.2.1 apresenta quem realizou as atividades do tema. Antes da correção no quadro foi feita uma rápida retomada nos conceitos abordados até o momento. Foi revisto o conceito de calor e exposto aos alunos as três formas de propagação de energia térmica: a condução, a irradiação e a convecção. Para ilustrar as correntes de convecção foi usado o exemplo do condicionador de ar e comentado sobre o fato da instalação do aparelho ser na parte mais alta da sala. Ao citar que o ar frio desce por ter maior densidade, o aluno 33 afirmou que seria a mesma coisa que acontece no vídeo a respeito das correntes de convecção, no qual o líquido de menor temperatura se dispõem na parte de baixo do recipiente. Foi comentado ainda que as correntes de convecção tem papel importante na formação dos ventos.

Durante a correção das questões a respeito das correntes de convecção e do calor específico da água e do óleo (Apêndice E.2) surgiram as seguintes dúvidas.

A aluna 21 perguntou por que em uma piscina com muitas pessoas a água ficava em alta temperatura. Foi explicado que por estarmos a uma temperatura maior do que da água fornecemos energia para a água.

⁸ Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1624> (acessado em 05/08/2016).

Alguns alunos apresentaram dificuldade em diferenciar os conceitos de massa e volume. Foi retomado com eles o conceito de densidade, lembrando a equação para calcular a massa de água a partir da densidade e do volume medido no recipiente tipo becker.

O aluno 33 perguntou qual o elemento de maior densidade. Foi respondido que o primeiro que vinha à cabeça era o ósmio. No geral os alunos desconhecem esse elemento e então foi comentado sobre o mercúrio, que é de conhecimento deles e apresenta grande densidade se comparada com a água. Notou-se que para um mesmo volume, o mercúrio apresenta uma massa 13,6 vezes maior que a da água. O aluno 20 perguntou sobre os buracos negros. Foi citado que um buraco negro é composto de matéria em altíssima densidade.

Na questão 06 o aluno 11 apresentou dificuldade em entender como havia sido encontrada a resposta. Ele não pode perceber que para encontrar quantas vezes uma variação é maior do que a outra basta dividir os valores obtidos para a variação de temperatura do óleo e da água.

Quanto à densidade, a aluna 02 citou o Titanic que ao se chocar com um iceberg afundou. Ela comentou ainda que o gelo boia em água com boa parte submersa devido ao fato do gelo ter densidade ligeiramente menor do que a água. A seguir se conceituou calor específico e calor latente, apresentando as equações e definindo cada um dos termos, relatando o calor específico da água, do álcool e do ferro e o calor latente de vaporização do álcool e da água, para poder compará-los. Foi perguntado se o álcool precisava de mais ou menos energia para evaporar. Foi comentado o fato de que ao passar álcool sobre a mesa vemos a superfície laminar do álcool sumindo rapidamente. Foi questionado também se o óleo precisa de mais ou menos energia do que a água para aquecer remetendo ao experimento sobre o calor específico da água e do óleo, tarefa da aula anterior.

O aluno 22 perguntou por que se usa azeite dentro da churrasqueira para “fazer fogo”. Foi respondido que a queima do óleo na churrasqueira é interessante porque é lenta, o que é bom para dar tempo para o carvão pegar fogo. Foi comentado ainda que algumas pessoas acendem a churrasqueira com a própria gordura da carne.

O aluno 33 perguntou por que quando colocava água dentro de óleo fervente incendiava. Complementou a pergunta dizendo que já fritou batata frita e causou um acidente ao colocar a batata molhada dentro da gordura. Foi respondido que a água ao entrar em contato com o óleo aquece e passa para o estado gasoso. Com a vaporização violenta da água seu volume aumenta abruptamente e espalha partículas de óleo (em temperatura altamente combustiva) sobre o fogão, o que cria uma “bola de fogo”.

O aluno 11 perguntou a respeito da barra de gelo incandescente no fogão de indução. Foi explicado rapidamente o funcionamento de um fogão de indução indicando fazer um comentário mais aprofundado numa próxima aula e junto ao vídeo.

O aluno 05 perguntou a respeito do *Maglev*. Foi respondido que é um trem de levitação magnética e que numa próxima aula, juntamente com o vídeo do fogão, será comentado o princípio de funcionamento do trem. Indicou-se ainda que visualizassem o vídeo a respeito do funcionamento do *Maglev* no *youtube*.

Ao continuar a explicação, o aluno 32 perguntou se era mais fácil esquentar o ferro do que a água. Foi respondido que mais fácil para nós deveria ser entendido como demanda menor de energia. Foi comentado sobre o asfalto que se aquece quando existe incidência de sol, mas que se em vez de asfalto fosse utilizado ferro, a temperatura da pista de rolagem seria muito maior caso a mesma quantidade de energia fosse absorvida. O aluno 03 complementou a explicação lembrando que a areia tem baixo calor específico.

Foi explicado o conceito de calor latente citando o calor latente de fusão do gelo e de vaporização da água. Lembrou-se aos alunos a demonstração feita em aula com a ponteira do termopar, na qual a temperatura do termômetro diminuiu quando retirado da água.

Foi proposta uma questão aos alunos: calcular a quantidade de energia que deve ser fornecida a 100g de gelo a -20°C para transformá-lo em vapor a 130°C e esboçar o gráfico da transformação. Os alunos não apresentaram dificuldade em entender que a energia total deveria ser a soma da energia demandada durante as cinco transformações, três de calor sensível e dois de calor latente. Na construção do gráfico foi esclarecido que aquela era uma curva idealizada e quais idealizações haviam sido feitas.

Calorimetria (21/03/2016)

Horário: sexto período de aula (11h50min até 12h35min).

Número de alunos presentes: 35 alunos, sendo 19 meninos e 16 meninas

Objetivos: compreender os conceitos da calorimetria; oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações; familiarizar os alunos palavras e conceitos pertencentes à calorimetria.

Ao iniciar a aula os alunos foram perguntados sobre a resolução dos exercícios da lista de Calorimetria (Apêndice E.3). Como resposta informaram que, no geral, estavam tendo dificuldade em resolver as questões. Alguns alunos apontaram que gostariam de uma quantidade maior de exemplos resolvidos para terem como exemplo. Ao perceber que a dificuldade atingia parte expressiva da turma optou-se por dissertar a respeito das dúvidas no quadro e para o grande grupo. Os alunos ficaram satisfeitos com a ideia e foi proposto destinar 30min da aula para essa atividade. Todas as questões encontram-se no Apêndice E.3.

Como primeira questão, a turma escolheu por meio de votação por aclamação a questão 07 para ser resolvida com o grande grupo. Ao iniciar a resolução, foi desenhado o gráfico no quadro e explorado ao máximo suas possibilidades comentando em que partes do gráfico ocorriam mudança de fase ou aquecimento. Para explicar a curva de aquecimento, foi esclarecido que durante o aquecimento considerava-se que cada processo só iniciava quando o anterior já estava concluído. Dessa forma a água líquida só começaria a aquecer quando todo o gelo já tivesse fundido, por exemplo. Para diferenciar calor sensível de calor latente, foi lembrado que quando ocorre variação de temperatura devemos usar calor sensível e calor latente apenas quando ocorrer mudança de fase. A aluna 26 apresentou dificuldade em visualizar no gráfico o processo de mudança de fase. Foi chamada a atenção da aluna que quando ocorre mudança de fase a temperatura permanece constante. Nesse momento a aluna questionou que existia uma temperatura, que quando mudava de fase a temperatura existia e que estava no gráfico, sendo a temperatura de 0°C. Foi respondido que estava correto atentando para o fato de que para mudar de fase a temperatura deveria permanecer constante, reforçando que existe uma temperatura, mas que ela não sofre variação durante a mudança de fase.

Durante a resolução da questão foi chamada a atenção dos alunos para as unidades de medida utilizadas no problema. Para resolver o problema, primeiro deveria ser encontrado o valor da massa de gelo que sofria o processo de fusão. Foi feita referência aos alunos que para resolverem o problema deveriam considerar que a massa de gelo se conserva. Ao resolver o problema foi encontrado o valor da quantidade de energia para aquecer a massa de gelo fundida até 25°C. Após calcular o valor, os alunos apresentaram dificuldade em colocar essa informação no gráfico. Foi chamada a atenção dos alunos que a resposta era 1050 cal e não 250cal que foram fornecidas durante o aquecimento da água.

A aluna 21 perguntou se podia adotar a regra de que sempre que o gráfico for uma reta horizontal será calor latente e quando for reta inclinada será calor sensível. Foi esclarecido que em boa parte dos gráficos a temperatura estará no eixo das ordenadas, mas que isso não é uma regra e que para concluir com qual processo está lidando ela deve olhar as unidades presentes nos eixos e o comportamento do gráfico.

A segunda questão corrigida com o grande grupo foi a questão 09. Foi iniciada a resolução chamando a atenção para a péssima construção do gráfico que coloca a temperatura de 273 K como origem do gráfico.

Ao encontrar o calor específico da substância X, foi mostrado que unidade de medida resultante era a cal/g.K e os alunos perguntaram porque não cal/g.°C. Explicou-se que no gráfico a temperatura estava expressa em kelvin. Foi chamada a atenção que o mesmo resultado poderia ser escrito em cal/g.°C, já que grau celsius resulta da variação de temperatura e que a variação é a mesma em ambas as escalas. Definiu-se o conceito de capacidade térmica colocando a equação no quadro e calculando a capacidade térmica das amostras.

Na segunda parte de aula (15min) os alunos sentaram em grupos de no máximo quatro alunos para resolver o restante das questões. Os alunos apresentaram dificuldade nos cálculos dos problemas tais como isolar a variável, converter unidades de medida e identificar a mudança de fase na curva de aquecimento. O restante das questões de calor latente e sensível ficou de tema a ser corrigido na próxima aula.

Ao terminar a aula, o aluno 33 informou que está observando o volume do gelo no experimento da tampinha no congelador diminuir. A Figura 2 constante na seção

5.2.2 Resultado do experimento da vaporização do gelo apresenta as imagens registradas pelo aluno. O aluno foi parabenizado pela iniciativa.

Potência térmica (22/03/2016)

Horário: sexto período de aula (08h15min até 09h50min)

Número de alunos presentes: 36 alunos, sendo 20 meninos e 16 meninas

Objetivos: compreender o conceito de potência térmica; familiarizar os alunos com as unidades de medida de potência.

Ao iniciar a aula traçou-se um panorama do que já havíamos estudado na calorimetria mostrando aos alunos que eles já haviam estudado calor sensível e latente, capacidade térmica e processos de troca de energia e que nessa aula estávamos iniciando o estudo da potência térmica. Ao iniciar a apresentação, na primeira figura (Figura C.11.a), foram feitos comentários gerais a respeito de algumas fontes térmicas que estão presentes no dia a dia.

No *slide* sobre a potência mecânica (Figura C.11.c) foram comparados os tempos que ambos automóveis levariam para atingir uma determinada velocidade. Comentou-se que ambos poderiam chegar a 100 km/h, mas que a Ferrari faria isso em um intervalo de tempo menor. Para aumentar as possibilidades de entendimento, foi citado um exemplo em que, duas pessoas são contratadas para carregar 1000 tijolos até o décimo andar de um prédio. A primeira pessoa leva um dia para executar a tarefa e a segunda uma semana. Os alunos foram então questionado sobre qual faria o maior trabalho. Foi percebido que houve uma concordância que o trabalho seria o mesmo. Ao perguntar sobre a potência diversos alunos responderam que quem fez o trabalho mais rápido desenvolveu maior potência.

Colocou-se no quadro a equação da potência e iniciou-se a leitura do primeiro exemplo (Figura (C.11.d)). Foi comentado com os alunos que a resolução da questão só seria possível supondo que toda a energia da resistência elétrica fosse transferida para a água e se não fossem admitidas perdas de energia. Ao resolver o problema foi chamada a atenção para as unidades utilizadas. Foi esclarecido que a unidade watt corresponde a J/s e alertado para que não confundissem com as unidades de medida de energia.

A *internet* da escola não estava funcionando no dia da aula. O vídeo do *Spinchill* (Figura C.11.e) não foi apresentado aos alunos. Por não poderem visualizar o vídeo foi narrado o que acontecia quando a latinha era mergulhada no banho térmico e rotacionada. Comentou-se que o objetivo do experimento daquela aula era o de reproduzir o funcionamento do *Spinchill*. Os alunos demonstraram forte entusiasmo pelo experimento e perguntaram diversas vezes o que seria explodido na aula (referência jocosa ao incidente com o aquecedor elétrico anteriormente relatado).

No *slide* das unidades de medida (Figura C.11.f) foi reforçada a diferença entre os processos de vaporização (evaporação e ebulição).

Ao projetar o segundo exemplo (Figura C.12.a), foi feita a leitura do enunciado do problema mostrado aos alunos como retirar as informações do gráfico e como fazer o cálculo do calor específico da amostra I, deixando para que calculassem o calor específico da amostra II enquanto era arrumado o material para o experimento.

Por uma questão de logística e espaço, foi deixado o último *slide* (Figura C.12.b) para a próxima aula no qual terão que discutir como proceder para construir o gráfico da energia perdida pela amostra de água em função do tempo. Após a explanação foi entregue a lista de exercícios constante no Apêndice E.4.

O experimento ocorreu dentro do planejado e ao final do experimento foi calculada junto com os alunos a taxa com que a energia foi transferida da latinha de refrigerante para a mistura de água e gelo. Após calcular a potência nas duas latas foi feita a correção da segunda curva do exemplo. O professor Fernando Lang da Silveira que estava observando a aula do professor autor da dissertação ajudou no experimento. Nenhum aluno apresentou dificuldade em entender o exemplo ou o experimento.

Potência térmica (23/03/2016)

Horário: primeiro e segundo período de aula (07h30min até 09h)

Número de alunos presentes: 35 alunos, sendo 21 meninos e 14 meninas sendo que o aluno 10 chegou no segundo período de aula.

Objetivos: compreender o conceito de potência térmica; familiarizar os alunos com as unidades de medida de potência.

Ao iniciar a aula foram apresentados os vídeos citados pelo aluno 11 na aula do dia 16/03. Sobre metal incandescente⁹ trata-se de aquecimento promovido por corrente induzida. Foi apresentada a discussão do CREF¹⁰. Sobre o gelo incandescente¹¹ trata-se de um truque usando metal envolto em uma pedra de gelo. Quanto ao *Maglev* foi explicado seu princípio de funcionamento mostrando partes de um vídeo¹² do *Youtube*.

Após os vídeos, os alunos foram orientados a se distribuírem em grupos, trabalhando os exercícios de potência térmica. Aproveitando o momento, foi feita uma orientação a eles quanto a importância de trabalharem em aula para verificarem possíveis dúvidas. Enquanto os alunos se organizavam, verificou-se quem havia feito à atividade de casa encaminhada no dia 21/03 e atendidos individualmente os alunos que apresentavam dúvidas nos exercícios. Ao longo da aula foram discutidas dúvidas descritas na sequência (na ordem em que foram expostas em aula). Como foi trabalhado em algumas aulas anteriores uma lista sobre calor sensível e latente, alguns alunos trabalharam simultaneamente em ambas as listas. Na sequência, são apresentadas as dúvidas a respeito das duas listas de forma separada.

Dúvidas apresentadas sobre a lista de exercícios sobre potência térmica (Apêndice E.4)

A aluna 17 apresentou dúvida quanto às unidades de medida da questão 05. Percebeu-se que a dúvida apresentada pela aluna era geral, o que motivou uma intervenção com o grande grupo. A confusão foi acerca das corretas unidades de medida a serem usadas no cálculo da quantidade de energia. A questão pedia a quantidade de energia que uma fonte de 400 W fornece quando ligada por um minuto. A aluna havia questionado se deveria substituir o tempo em segundos ou minutos. Foi explicado para o grupo que a unidade watt pressupõe joule como unidade de energia e segundo como unidade de tempo. Foi mostrado como converter valores de tempo expressos ou em hora, ou minuto ou em segundo para outras unidades de medida.

Ao explicar para o grande grupo a aluna 07 solicitou atendimento na mesa e pediu para que fosse explicado melhor apenas para ela, afirmando que tinha vergonha de perguntar em voz alta. Foi explicado novamente desenvolvendo no seu caderno a

⁹ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=pH29lyeIC-Y>. Acessado em 23/03/2016.

¹⁰ Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1164>. Acessado em 23/03/2016.

¹¹ Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=TPacXpdWYz8>. Acessado em 23/03/2016.

¹² Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=XYsXIDoCEps>. Acessado em 23/03/2016.

equação da potência, mostrando a relação entre as unidades de medida. Percebeu-se que a aluna havia entendido o método de resolução.

A aluna 21 apresentou dificuldade em resolver a questão 06. A aluna foi capaz de calcular a quantidade de energia gasta por uma pessoa ao longo do dia, mas não foi capaz de calcular a quantidade de gordura queimada em uma hora. Ao final da aula a aluna 26 e o aluno 10 apresentaram dificuldade semelhante à aluna 21 na questão 06.

A aluna 26 e o aluno 33 apresentaram dificuldade na questão 05. A confusão da aluna foi que o enunciado apresentava um intervalo de tempo e o item da questão apresentava um intervalo de tempo diferente. A aluna foi ajudada a resolver a questão mostrando-se que a informação a respeito do tempo em 10s era útil para se calcular o calor específico, e os 60s apresentados no texto, era de utilidade na resolução da questão quanto ao gasto energético em um minuto.

A aluna 21 apresentou dúvidas sobre as unidades de medida de potência. Ela questionou se poderia calcular a potência utilizando a energia em caloria e obter um resultado final em watt. Foi respondido que não e explicado que para calcular a potência em watt a unidade adotada para energia deve ser o joule, já que $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$.

O aluno 33 apresentou dificuldade na questão 04, não entendendo porque o enunciado continha a informação *até começar a ferver*. Ao questionar o aluno foi percebido que ele não estava associando o ponto de ebulição com sua respectiva temperatura. O aluno foi indagado sobre qual dado estava faltando para calcular a quantidade de energia. Ele respondeu que faltava a variação de temperatura. Foi perguntado para ele em qual temperatura a água fervia ao nível do mar e ele me respondeu a 100°C . Nesse momento o aluno entendeu que tinha a informação que faltava, Foi comentado adicionalmente com ele que em algumas situações a informação não viria escrita em forma numérica.

Um grupo de alunos perguntou o que era energia consumida e valor energético. Foi explicado que no contexto apresentado eram sinônimos de quantidade de energia.

O aluno 12 apresentou dificuldade nos cálculos. Por curiosidade ele decidiu fazer os cálculos utilizando a unidade de medida. Foi indicado para ele que esse procedimento era interessante, mas que ele teria que ter cuidado para não confundir a letra que representa uma grandeza com o que era unidade de medida. Em certo

momento percebeu-se que em alguns cálculos o aluno escrevia o tempo com a unidade segundo (s) e logo abaixo substituía s pelo tempo novamente. Dessa forma substituía o tempo duas vezes na equação.

O grupo composto pelos(as) alunos(as) 28, 38 e 24 apresentaram dificuldade na questão 07. Os alunos estavam erroneamente substituindo no lugar da potência o valor de 836 W. Foi percebido que diversos alunos não entenderam a informação da questão que afirmava que a piscina recebia 836 W de potência em cada metro quadrado e, aproveitando o momento foi explicado para o grande grupo como calcular a potência total incidente na piscina.

Ao explicar a respeito da potência na piscina, as alunas 21 e 26 perguntaram como calcular a massa de água. Foi explicado que primeiro dever-se-ia calcular o volume da água e, a partir da equação da densidade, calcular a massa de água na piscina. A aluna 21 questionou ainda se deveria substituir na equação a massa em quilograma ou grama. Foi mostrado que essa resposta estava associada ao calor específico que ela iria adotar, comentando-se ainda que se usasse o calor específico em J/kg.°C, deveria utilizar a massa em quilograma e, caso usasse o J/g.°C deveria expressar a massa em grama.

A aluna 26 e o aluno 11 apresentaram dificuldades em responder à questão 06 item b. Foi explicado que deveria ser encontrada a massa de gordura queimada usando proporção. Percebeu-se que a aluna apresentava dificuldade em entender. A aluna solicitou para que o professor resolvesse o problema na mesa dela.

As alunas 31 e 28 apresentaram dificuldade na resolução dos cálculos, em particular para isolar uma variável em uma função. A alunas foram ajudadas com a resolução de algumas equações.

Dúvidas apresentadas sobre a lista de exercícios sobre calor sensível e latente (Apêndice E.3)

A aluna 07 apresentou dificuldade na questão 10, para verificar no gráfico em que pontos havia mudança de fase ou aquecimento. A aluna foi ajudada a interpretar o gráfico diferenciando entre aquecimento e mudança de fase.

Os alunos 05 e 11, na questão 11, não conseguiram fazer o cálculo da quantidade de energia presente no sorvete, pois não haviam compreendido a informação kcal/g. Foi indicado a eles que deveriam fazer uma regra de três para resolver a questão. Como exemplo calculou-se a quantidade de energia presente na batata frita.

O aluno 18 apresentou dificuldade na questão 09, pois não conseguiu entender a curva de aquecimento e não associou que a energia recebida nas duas amostras era a mesma. No geral os alunos têm dificuldade com a álgebra. O aluno foi ajudado na resolução da questão.

Ao final da aula foi encaminhado para os alunos o plano cartesiano para que fizessem o gráfico da energia transferida no experimento da curva de aquecimento em função do tempo (Figura C.12.b). O gráfico tem o objetivo de reforçar que a taxa de transferência de energia em função do tempo não é constante.

Provocação para uma doce Páscoa (25/03)

Uma das confusões repetidamente observada na sociedade é a não utilização do prefixo de unidade quilo (k), indicando milhar, quando se faz referência à energia alimentar. No anúncio da Figura 1 pode-se observar que o valor energético do chocolate está escrito sem a indicação do prefixo quilo. A postagem foi feita na página do *facebook*¹³ da turma para chamar atenção que, partindo dessa indicação energética, a quantidade de chocolate permitida para ingestão diária seria absurdamente grande.

¹³ Disponível em <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=998546153559570&set=gm.1761302014090913&type=3&theater>. acessado em 25/03/2016.



Figura 1: anúncio do Centro de Combate a Obesidade Leve indicando o valor energético alimentar do chocolate sem a indicação do prefixo quilo.

Potência térmica (28/03/2016)

Horário: sexto período de aula (11h50min até 12h35min).

Número de alunos presentes: 35 alunos, sendo 21 meninos e 14 meninas

Objetivos: compreender o conceito de potência térmica; familiarizar os alunos com as unidades de medida de potência.

Aula de correção de exercícios da lista de potência térmica (Apêndice E.4). Ao longo da correção surgiram dúvidas gerais a respeito da calorimetria e a potência térmica conforme descrito na sequência.

Ao iniciar a aula foi perguntado aos alunos quais questões eles apresentavam maior dificuldade. Foi pedido pelo alunos correção das questões 6, 7, 8, 9 e 11. A questão 11 não foi corrigida por falta de tempo e ficou para a próxima aula. Quanto à

questão 06, a aluna 17 perguntou se watt e cal/s eram a mesma coisa. Foi lembrado à aluna que 1 W é o mesmo que 1 J/s. O aluno 10 perguntou como se faz para converter watt para cal/s. Foi colocado no quadro a relação entre joule e caloria e mostrado que para converter basta usar uma regra de três. O mesmo aluno perguntou se ao usar a unidade joule para calcular calor sensível e latente obrigatoriamente deveria utilizar a unidade de tempo em segundos. Foi-lhe explicado que J/s é a unidade do sistema internacional, podendo ele perfeitamente calcular a potência usando outra unidade de tempo, mas que nesse caso não teria como resultado final um valor expresso na unidade watt. Diversos alunos apresentaram dificuldade na resolução do item B. No geral a confusão dos alunos foi com relação à quantidade de energia final. Alguns alunos também apresentaram dificuldade em calcular a energia gasta pelo organismo em uma hora. As dúvidas foram dirimidas resolvendo a questão passo a passo e explicando diversas vezes como chegar na resposta.

Na questão 07, no geral, os alunos confundiram a potência incidente sobre a piscina com a potência incidente por metro quadrado. Ao ser iniciada a resolução da questão diversos alunos apontaram que seu erro foi substituir o valor da potência por unidade de área no lugar da potência. O aluno 10 acrescentou que achou estranho que a potência estava sendo dividida por metro quadrado e não por segundo. Foi explicado ao aluno que ele estava confundindo J/s com W e que se ele quisesse expressar a potência em unidades do sistema internacional deveria utilizar J/s ou watt (W) e que W/m^2 seria a potência absorvida pela piscina em um metro quadrado. Foi comentado que para a resolução do problema foi considerado que toda a energia absorvida pela piscina estava sendo usada para esquentar a água e, além disso, estava sendo desconsiderando o processo de evaporação.

Na questão 08, o aluno 20 perguntou se deveria considerar que toda a energia estava sendo recebida pelo sujeito. Foi explicado que essa informação não interferia na resolução da questão já que pedia-se a taxa média de perda de energia pela variação de temperatura da água. A aluna 17 apresentou uma dúvida geral. Ela comentou que até então sempre que se usava a equação de potência ocorria aquecimento e perguntou se poderia usar a equação da potência e no lugar do calor utilizar a equação do calor latente. Foi esclarecido que sim e que mais a frente ela teria exercícios em que deveria realizar tal procedimento. O aluno 3 perguntou se nessa questão deveria usar $cal/g^{\circ}C$. Foi respondido que a unidade final solicitada pela questão era a cal/s e que se

quiséssemos obter o resultado final nessa unidade seria preferível começar com o calor específico já em cal/°C. O aluno 10 confundiu o conceito de temperatura com variação de temperatura. Ao substituir na equação o valor -48°C ele comentou que havia errado por ter substituído 90°C no lugar da temperatura.

Na questão 09 os alunos afirmaram já saber da resposta porque já haviam trabalhado com o calor específico na fase líquida e na fase sólida, mas não sabiam obtê-la. Foi colocada a equação da potência no quadro e perguntado em qual situação a porção havia recebido maior quantidade de energia. Os alunos responderam que era na fase líquida e foram questionado quanto a variação de temperatura. Foi mostrado, com a equação do calor sensível, que a fase líquida recebe maior quantidade de energia e sofre a mesma variação de temperatura do que na fase sólida, e que isso indicaria que nessa fase se tem maior calor específico.

Equilíbrio térmico (30/03/2016)

Horário: sexto período de aula (07h30min até 09h)

Número de alunos presentes: 35 alunos, sendo 20 meninos e 15 meninas

Objetivos gerais: Oportunizar reflexão sobre misturas térmicas. Introduzir, mesmo que de forma indireta, importantes conceitos de calorimetria tais como capacidade e mistura térmica.

A aula foi iniciada com a correção da questão 11 explicando o que é calorímetro ideal. Foi considerada que toda a energia foi transferida para a água. Comentou-se sobre a garrafa térmica e o seu funcionamento deixando claro que o calorímetro ideal não existe e que, por mais isolado, sempre ocorrem perdas de energia. Voltando ao problema foi dito que, para calcular era preciso conhecer a massa e não o volume. Foi lembrado aos alunos a equação da densidade e como calcular a massa a partir do volume e densidade. A aluna 17 perguntou se sempre que o problema apresentar o tempo será preciso usar a equação da potência. Foi respondido que isso não é uma regra, mas que muito provavelmente sim. Foi debatido com os alunos o calor específico, questionando-os qual unidade de medida deveria ser usada no momento de substituir na equação. Os alunos têm registrado muito fortemente o valor de 1cal/g.°C. Os alunos foram aconselhados a utilizar a grandeza em J/g.°C já que a potência estava na unidade

watt. O aluno 30 perguntou se poderia converter a energia para caloria e usar o calor específico em termos de caloria. Foi respondido que sim, mas que seria mais trabalhoso. O aluno 24 perguntou se usaríamos a tensão elétrica para resolver o problema. Foi respondido que em muitos exercícios de vestibular poderiam se encontrar a mistura dos conteúdos de eletricidade com termologia, mas que aquele não seria o caso e que a informação da tensão elétrica era supérflua.

Na apresentação do conteúdo (Figura C.13.b e C.13.c) diversos alunos tiveram dificuldade em entender que a soma dos calores no processo de troca de energia é igual a zero (Figura C.13.d). Foi explicado para os alunos que não havendo troca de energia com o entorno, toda a energia perdida por uma barra de ferro hipotética com temperatura de 100°C seria transferida para uma porção de água a 0°C de forma que a temperatura de equilíbrio deveria estar entre essas duas temperaturas. Para ilustrar foi resolvido o exemplo constante no *slide* da aula (Figura C.13.e).

Após a apresentação dos *slides* e a resolução do exemplo foi entregue a lista de exercícios de mistura térmica (Apêndice E.5) aos alunos e solicitado para que resolvessem para a próxima semana do exercício 01 ao 07.

Experimento sobre equilíbrio térmico (04/04/2016)

Horário: sexto período de aula (11h50min até 12h35min)

Número de alunos presentes: 34 alunos, sendo 18 meninos e 16 meninas

Objetivos gerais: Oportunizar reflexão sobre misturas térmicas. Introduzir, mesmo que de forma indireta, importantes conceitos de calorimetria tais como capacidade e mistura térmica.

Objetivos específicos: Ler, interpretar e organizar dados em uma tabela identificando as variáveis (condições iniciais e grandezas variáveis), construir o gráfico da temperatura da amostra em função do tempo identificando que a variação de temperatura não é proporcional à variação de tempo e que a temperatura final da mistura é a mesma para os materiais.

O roteiro da atividade prática encontra-se no apêndice D. Ao iniciar a aula foi solicitado para os grupos se distribuírem pela sala para iniciarem a prática experimental.

Por uma questão de afinidade, a distribuição dos grupos ficou muito parecida com a prática experimental a respeito da curva de resfriamento da água.

Os problemas apresentados na parte inicial do experimento foram bem semelhantes com os da prática experimental sobre a curva de resfriamento da água. Foi dada preferência aos termômetros de álcool tingido de vermelho ao invés de mercúrio, já que esses apresentam maior dificuldade na leitura. Como não havia termômetros de álcool suficiente, dois grupos acabaram utilizando os termômetros de mercúrio, e sendo ajudados a como proceder na primeira leitura.

Os alunos apresentaram dificuldade em construir o gráfico, especialmente no que diz respeito à curva de resfriamento da amostra metálica, já que deveriam calcular a partir da temperatura da água, a temperatura do metal. Foi explicado que para traçar o gráfico primeiramente dever-se-ia calcular o calor específico do metal e com esse valor em mãos calcular a temperatura do metal para cada intervalo de tempo planejado pelo grupo. Houve um investimento de tempo considerável (em torno de 15 minutos) para explicar o procedimento.

Durante a aplicação da prática experimental os alunos apresentaram dúvidas na questão 01. Foi percebido que eles consideraram um pouco confusa a pergunta. Os alunos que apresentaram dúvidas foram ajudados na resolução da questão e foi dito que seriam feitos maiores comentários na correção do relatório.

Equilíbrio térmico (06/04/2016)

Horário: sexto período de aula (07h30min até 09h)

Número de alunos presentes: 36 alunos, sendo 21 meninos e 15 meninas

Objetivos gerais: Oportunizar reflexão sobre misturas térmicas. Introduzir, mesmo que de forma indireta, importantes conceitos de calorimetria tais como capacidade e equilíbrio térmico.

Percebeu-se ao entrar na sala de aula os alunos estavam inquietos. Ao serem questionados alguns alunos externaram que estavam achando tudo muito corrido. Comentaram que não tinham dado conta de fazer todas as atividades das listas anteriores e já tinha lista nova e que no geral todos os professores estavam com muita

matéria acumulada. Aproveitou-se o momento para falar sobre a pesquisa de opinião que eles iriam responder na próxima aula. Foi explicado para eles que aquela era uma proposta diferente do que eles estavam acostumados nas aulas de Física e que a pesquisa de opinião seria a ferramenta certa para eles dizerem como se sentiram nas aulas do produto. Alguns alunos, do qual destaca-se o de número 11, defenderam fortemente a proposta e externaram que com aulas mais dinâmicas e com diferentes recursos (vídeos, texto, listas e experimentos) percebiam uma melhor aprendizagem.

A aula iniciou com a correção das atividades do dia 30/03. Foi feita uma votação aberta por aclamação para verificar quais questões apresentaram maior dificuldade e assim corrigir o tema na ordem decrescente de dificuldade. Foram corrigidas todas as questões em que os alunos apresentaram dificuldade.

Diversos alunos, dentre os quais destaco os alunos 11, 17, 24 apresentaram dificuldade na questão 01. Eles não compreenderam o conceito de razão. Muitos alunos entenderam o que deveria ser feito, mas não conseguiram equacionar. Ao resolver o problema, a aluna 21 perguntou qual seria a unidade de medida de uma razão. Foi explicado para eles que a razão entre duas grandezas iguais é adimensional e não possui unidade de medida. Foi percebido que eles não haviam entendido bem e com isso o problema foi novamente resolvido sendo utilizadas as unidades de medida no cálculo. Mostrou-se ao final que todas as unidades acabam se simplificando e que a razão entre os calores específicos não têm unidade de medida. Reafirmou-se que sempre que a razão ocorrer entre duas grandezas de mesma natureza não haverá unidade de medida.

Na questão 6B os alunos apresentaram dificuldade semelhante à questão 01. Foi então resolvida a questão no quadro mostrando novamente que no final as unidades de medida se simplificam.

Na questão 03 os alunos apresentaram dificuldade em utilizar a capacidade térmica no cálculo ao invés do calor específico. O aluno 13 perguntou se poderia utilizar a capacidade térmica no lugar da (massa x calor específico) já que eram iguais. Foi respondido que sim e resolvido o problema no quadro. Foi percebido que após a resolução houve um bom entendimento do problema.

Na questão 05 os alunos tiveram dificuldade em entender o gráfico da questão. O aluno 23 perguntou se a interpretação Física correta da curva de resfriamento era que

na parte em que a temperatura permanece constante porque está ocorrendo mudança de fase. Foi confirmado e logo após ele comentou que não conseguia prever quanto do gelo derreteria. Afirmou ainda que no mundo real todo o gelo derreteria. Foi explicado para a turma que no mundo real, como havia sido comentado pelo colega, os sistemas físicos não são isolados e que se verifica o derretimento do gelo porque o sistema água+gelo perde energia para entorno.

Não houveram grandes dificuldades na resolução das questões do relatório da prática experimental. Inspirados no método *Peer Instruction* (ARAUJO, MAZUR, 2013), foram projetadas algumas respostas no quadro para discutir com os alunos.

Quanto à dificuldade da questão 01 que eles apresentaram durante a prática experimental sobre o equilíbrio térmico, foi debatido com eles e analisados os resultados do experimento, foi percebido que a amostra metálica foi pequena e provocou pequena variação de temperatura na água. Devido à dificuldade em obter uma leitura sofisticada dos valores de temperatura, não ficou tão claro que a taxa de variação da temperatura ao longo do tempo variava bastante, pois os intervalos de cada leitura apresentavam baixa variação de temperatura. Foi exemplificado ainda que o equilíbrio térmico tão próximo da temperatura da água era necessário para a obtenção do calor específico mais próximo do real e que se a temperatura da água aumentasse muito haveria muita perda de energia e os valores finais ficariam distorcidos.

Aplicação do pós-teste (06/04/2016)

Horário: sexto período de aula (09h até 09h50min).

Número de alunos presentes: 37 alunos, sendo 21 meninos e 16 meninas

O primeiro aluno a devolver o teste levou 7min para solucionar as questões e o mais demorado, 48min. A média de tempo de resolução da avaliação foi de 25min, 4min a menos do que no pré-teste. Com 92%, a questão com maior número de acertos foi a de número 01 e com 24%, a questão com menor número de acerto foi a de número 13.

Durante a aplicação não surgiram dúvidas pertinentes ao teste.

5.2.1 Assiduidade dos alunos na resolução de exercícios

O Quadro 5 apresenta a assiduidade da realização da tarefa por aluno. Entre as seis tarefas propostas aos 38 alunos, perfazendo total de 228 tarefas a serem respondidas pela turma (cada aluno com 6 tarefas), em 33 a tarefa não foi realizada e em 16 foi realizada parcialmente, o que representam 14,4% e 7% do total de atividades.

Pode-se observar excelente participação dos alunos quanto à resolução de tarefas. Esse nível de participação se manteve ao longo de toda a aplicação do projeto.

Aluno	Atividade do texto	Termometria	Tarefa vídeo	Calorimetria	Pot. térmica	Equilíbrio térmico	Aluno	Atividade do texto	Termometria	Tarefa vídeo	Calorimetria	Pot. térmica	Equilíbrio térmico
1							20						/
2			N				21	/					
3				N			22						
4		/	/	N	/		23		/	N	N	/	
5			N				24						
6				N			25						N
7							26						
8							27						
9							28						
10		N					29	/	N	N	N	N	N
11							30				N		
12		N					31	/				N	N
13				N	/		32						
14			N				33						
15	N			N		/	34						
16				N			35		/			/	N
17			/				36						
18		N	N	/			37		N	N	N		
19		N			/		38		N	N	N		

Quadro 5: Assiduidade na resolução das atividades para casa; N: atividade não realizada; /: atividade realizada parcialmente; células em branco significa que o aluno fez a atividade.

5.2.2 Resultado do experimento da vaporização do gelo

Conforme já mencionado no relato da aula do dia 21/03, a Figura 2 apresenta o experimento feito pelo aluno 33 que acompanhou a evolução de uma porção de gelo que, mesmo estando dentro do refrigerador e à temperatura próxima de -10°C , sublima com o passar do tempo.



04/04/2016



12/04/2016



17/04/2016



22/04/2016



27/04/2016



02/05/2016

Figura 2: Acompanhamento da perda de massa de gelo de uma porção resfriada à temperatura próxima a -10°C .

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seção 6.1 apresenta os resultados do teste de conhecimentos prévios (pré-teste) e conhecimentos adquiridos (pós-teste). A seção 6.2, a análise das questões da prova de Física térmica aplicada ao final do projeto, bem como o resultado da pesquisa de opinião na seção 6.3.

6.1 Pré-teste (conhecimento prévio) e pós-teste (conhecimento adquirido)

O pré-teste, constante no Apêndice B, foi aplicado no dia 23 de fevereiro de 2016, no quarto período de aula (10h10min até 11h).

O primeiro aluno a devolver a prova levou treze minutos para solucionar as questões e o mais demorado cinquenta minutos. A média de tempo de resolução da avaliação foi de 29min. Com 79% de acertos, a questão 05 foi a mais fácil. A questão com menor número de acertos foi a 13, pois apenas 1 aluno a respondeu corretamente. O Quadro 6 apresenta o nível de Curcio para cada questão

Número da questão	Classificação
1 a 5	nível 1 - ler os dados
6 a 10	nível 2 - ler entre os dados
11 a 15	nível 3 – ir além dos dados

Quadro 6: Numeração das questões do pré-teste e correspondente nível de Curcio.

A Figura 3 apresenta a relação das alternativas escolhidas para cada questão. A resposta correta está indicada pela presença do número de acerto na parte superior do gráfico.

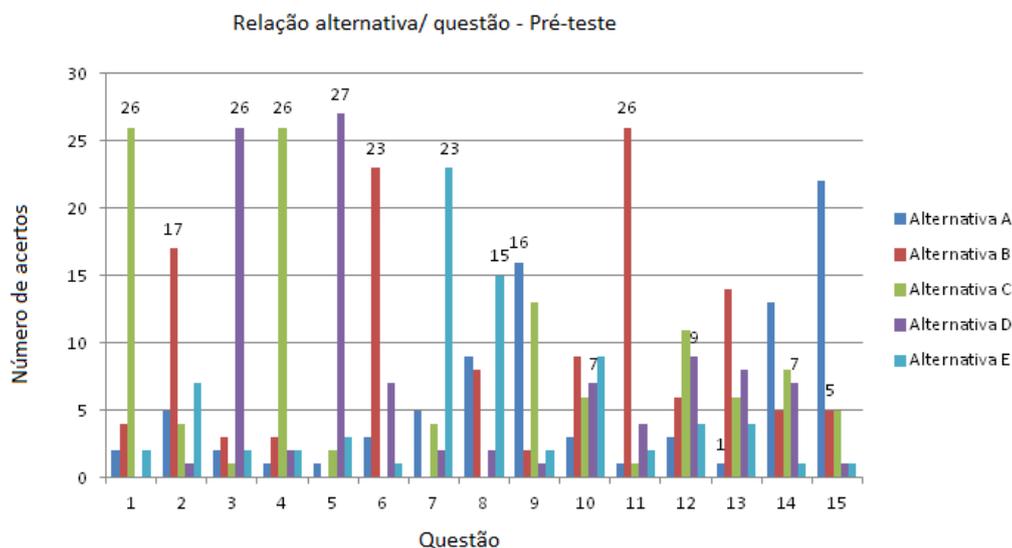


Figura 3: Relação das alternativas escolhidas para cada questão acompanhada da resposta correta cuja representação é a presença do número de acertos.

Conforme previsto e já constatado por Fernandes e Morais (2011), as questões associadas à *leitura dos dados* tem os maiores percentuais de acertos. Esse pressuposto é reforçado pela característica da turma na qual foi aplicado o teste - excelente rendimento e em nível avançado de escolaridade básica. Outra consideração importante é que essa turma já passou por um processo de aprendizado sobre leitura e interpretação de gráficos na disciplina de Física e funções associadas ao plano cartesiano na disciplina de Matemática, ambas presentes no currículo escolar do primeiro ano do Ensino Médio da escola.

O segundo nível, *ler entre os dados*, apresenta queda no rendimento quanto às assertivas em comparação à *leitura dos dados*. O percentual de acertos é de 48%. Por se tratar de uma turma que já teve aulas de mecânica e trabalhou com gráficos da cinemática esperava-se um rendimento melhor.

Verifica-se fraco desempenho dos alunos nas questões do terceiro nível da classificação de Curcio. À exceção da questão 11, em todas as questões há um percentual maior de erro do que acerto, tendo a questão 13 apenas um aluno acertado.

Na sequência apresenta-se uma análise das questões do teste de conhecimentos prévios, que estão dispostas por níveis e foram escritas em ordem crescente de

proficiência, iniciando pelo nível três (menos proficiente) até o nível um (mais proficiente). O relato sobre cada questão foi elaborado analisando as alternativas das questões mais erradas, levantando possíveis hipóteses para o erro.

Nível 3 – *ir além dos dados*

A questão 15 apresenta um problema de cinemática, um gráfico da velocidade *versus* tempo no qual a área entre a curva e o eixo dos tempos corresponde ao deslocamento sofrido por carrinhos elétricos. A maior parte dos alunos afirmou que a opção *a* estaria correta. Dentre as opções, as que apresentam maior concordância com a correta resolução são as alternativas *a* e *b*, pois as opções *c* e *d* afirmam que os carrinhos III e IV possuem maior deslocamento, o que está visivelmente errado. Entre as duas opções razoáveis, a alternativa *a* (carrinho I), que é incorreta, apresenta maior velocidade ao final de 4s. Muito provavelmente os alunos confundiram o conceito de área com a maior velocidade atingida ao final do tempo estabelecido.

A questão 14 apresenta um problema de eletrodinâmica. O aluno deve indicar entre as alternativas a que melhor representa o consumo elétrico frente à corrente elétrica que circula por um chuveiro. Para resolver a questão, o enunciado informa duas características importantes do fenômeno: o consumo elétrico é proporcional à potência do chuveiro e a potência elétrica é proporcional ao quadrado da corrente elétrica. Dentre as opções oferecidas, as alternativas *b*, *c* e *e* apresentam gráficos no qual a energia consumida não é proporcional à corrente elétrica. As opções *a* e *d* apresentam gráficos no qual o consumo aumenta junto com a corrente elétrica, mas apenas a opção *d* expressa um aumento proporcional ao quadrado da corrente elétrica. Pelo número de marcações para as alternativas *a* e *d*, é muito provável que os alunos perceberam que o consumo aumenta conforme aumenta a corrente elétrica, mas se confundiram com a informação “*proporcional ao quadrado*”.

A questão 13, assim como a questão 14 apresenta um gráfico no qual uma grandeza é dependente do quadrado da outra grandeza. Diferentemente da questão 14, nesse caso, a grandeza força é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas. Dentre as opções apresentadas a que foi mais indicada pelos alunos foi a

opção *b*, no qual a errada resolução não considera o “*inversamente proporcional ao quadrado*”.

A questão 12 não teve nenhuma resposta que se sobressaiu. A alternativa com maior número de incidência de respostas foi a *c*, que fere o princípio da conservação de energia em vista que a energia final do sistema seria maior do que a energia inicial. Dentre as opções, nenhuma se sobressaiu, sugerindo uma dificuldade na interpretação do enunciado ou não entendimento da questão, o que foi confirmado quando calculado o coeficiente de correlação da questão com o escore total constante na Tabela 4.

A questão 11 teve a maior quantidade de acertos deste nível. Após a aplicação do teste foi comentado por um grupo de alunos que eles associaram a resolução da questão com o conteúdo de cinemática, já que aprenderam que para calcular a velocidade a partir do gráfico posição *versus* tempo deveriam realizar um procedimento graficamente semelhante. Durante a aplicação do teste um dos alunos chamou o professor na sua mesa e comentou que para solucionar a questão usou o mesmo conceito que aprendeu na cinemática no primeiro ano.

Nível 2 – *ler entre os dados*

A questão 10 apresenta um problema de termodinâmica. Para a correta resolução da questão o aluno deve calcular a área circunscrita pelo ciclo termodinâmico. A alternativa de maior incidência de respostas foi à alternativa *b*, que está incorreta. Considerando o valor indicado na alternativa, supõe-se que o erro na resolução da questão está fortemente relacionado com o equívoco no cálculo da área do gráfico. Dessa forma, ao invés de calcular a área do ciclo (triângulo), em maioria, os alunos calcularam a área do quadrado 8 x 5.

As questões 08 e 09 obtiveram média de acertos semelhantes, sendo a questão 08 de cinemática e a questão 09 de dilatação de sólidos. Tais questões exigem interpretações já discutidas na cinemática. A questão 08, por ser uma questão de cinemática (e os alunos terem claro que inverter o movimento pressupõe velocidade instantânea nula) e no gráfico da dilatação em que retas de mesma declividade apresentam mesma taxa de variação do comprimento em função da temperatura (conceito trabalhado em gráficos da cinemática). Percebe-se um número expressivo de

alunos indicaram na questão 09 a alternativa *c* como correta. Nessa alternativa há uma afirmação incorreta misturando o conceito de taxa de variação com o valor inicial expresso no gráfico, o que demonstra que alguns alunos possuem dificuldade em diferenciar altura de inclinação.

As questões 06 e 07 apresentam grande número de acerto. Ambas as questões dissertam a respeito da noção espacial.

Quanto ao nível 1 – *ler os dados*

Nas questões do nível 1, a resolução da questão se dá apenas pela leitura do gráfico. São questões de fácil entendimento para alunos que possuem grau avançado de escolaridade básica. O percentual de acerto das questões do nível um foi de 70%. Após uma análise dos testes, foi constatado que apenas oito alunos acertaram todas as questões e doze alunos acertaram três questões ou menos tendo um aluno não acertado nenhuma questão desse nível. Foi constatado que os alunos com baixa proficiência na leitura de gráficos apresentam baixo rendimento nos níveis dois e três. Também se observou que os alunos com baixo rendimento no exame são aqueles que apresentam dificuldade de aprendizagem e baixo rendimento escolar na área das “exatas”.

A Tabela 3 apresenta a média do escore total e o desvio padrão obtido no pré e pós-teste, assim como o coeficiente de fidedignidade obtido.

Teste	Nº de alunos	Média do escore total	Desvio padrão do escore total	Nº de questões	Coeficiente alfa
Pré-teste	34	7,47	2,68	15	0,65
Pós-teste	37	10,03	2,73	15	0,66

Tabela 3: relação escore total, desvio padrão e coeficiente alfa do escore total.

Em síntese, as maiores dificuldades apresentadas pelos alunos na interpretação de gráficos são essencialmente aquelas já constatadas por Araujo (2002) no caso de gráficos da cinemática. No Quadro 7 tais dificuldades são apontadas juntamente com as questões do pré-teste que as aferiram.

Dificuldade constatadas no pré-teste	Questão relacionada
1) confundir área no gráfico com a altura, tendo dificuldade em estimar/ calcular a área entre a curva e o eixo das abscissas.	10
2) dificuldade em relacionar proporcionalidade tais como: diretamente proporcional ao quadrado ou inversamente proporcional ao quadrado.	11, 12, 13
3) confundem taxa de variação com valores expressos no gráfico tendo dificuldade de interpretar mudança na altura e na inclinação.	3, 5, 14, 15
4) dificuldade em interpretar informações presentes no gráfico.	1, 4, 5, 6, 7, 12

Quadro 7 – Dificuldades encontradas pelos alunos na interpretação dos gráficos propostos no pré-teste.

Podemos observar na Tabela 3 um aumento de 17% na média do escore total e o desvio padrão permaneceu praticamente o mesmo. O coeficiente alfa, calculado conforme Silveira (1993), ultrapassou o valor de 0,60, usualmente considerado adequado quando o objetivo do teste é fazer comparações em médias de grupos de respondentes. A Tabela 4 apresenta as proporções de acertos para cada uma das questões e o coeficiente de correlação entre o escore em cada item (questão) e o escore total no pré e pós-teste. Podemos observar na Tabela 4 que apenas em duas ocasiões as questões relacionadas no Quadro 3 não tiveram melhora no índice de desempenho. As questões 10, 13, 14 e 15 apresentaram os maiores crescimentos da proporção de acertos, o que mostra que foram questões bem trabalhadas em aula. O aumento mais expressivo foi na questão 15 (5 acertos no pré-teste e 28 acertos no pós-teste).

Quanto ao coeficiente de correlação a questão 12 apresentou-se não adequada ao teste por ter índice muito próximo de zero. Caso o teste venha a ser utilizado futuramente, sugere-se ou a substituição da questão 12 por outra com o mesmo objetivo ou a sua eliminação.

Questão	Proporção de acertos		Coeficiente de correlação	
	Proporção de acertos Pré-teste	Proporção de acertos Pós-teste	Pré teste	Pós teste
1	0,76	0,92	0,46	0,22
2	0,5	0,81	0,60	0,52
3	0,76	0,81	0,70	0,59
4	0,76	0,70	0,38	0,38
5	0,79	0,86	0,06	0,56
6	0,67	0,78	0,26	0,39
7	0,67	0,62	0,48	0,48
8	0,44	0,41	0,49	0,48
9	0,47	0,68	0,70	0,52
10	0,20	0,68	0,54	0,59
11	0,76	0,78	0,54	0,25
12	0,26	0,3	0,09	-0,07
13	0,03	0,24	0,17	0,44
14	0,21	0,68	0,16	0,52
15	0,15	0,76	0,40	0,64

Tabela 4: proporção de acertos e coeficiente de correlação ente cada item e o escore total no pré e pós – teste.

A Figura 4 apresenta o percentual de acertos para cada nível conforme a classificação de Curcio.

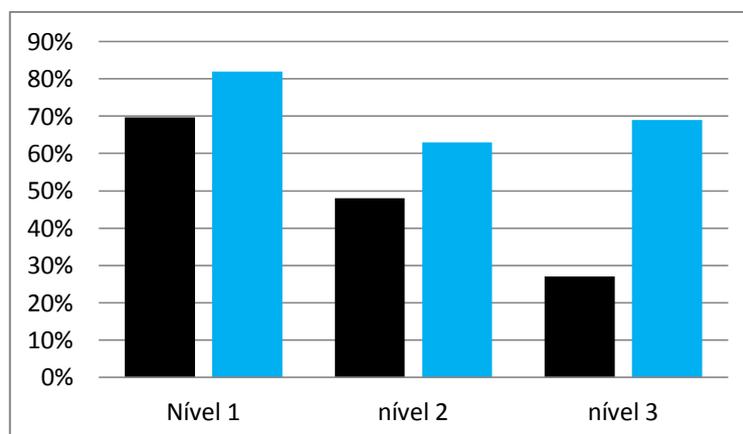


Figura 4: Comparação percentual de acertos em cada nível do pré e pós-teste.

Comparando a evolução quanto à classificação de Curcio, ocorreu um aumento no número de questões acertadas mais expressivo no nível três - *ir além dos dados* quando comparados os acertos do pré e pós – teste. O ganho de aprendizagem absoluto

no escore total foi de 17% pois a média cresceu de 50% para 67%. O teste t para diferença entre as médias, calculado conforme Silveira¹⁴ (2006), resultou em $t = 8,57$ (estatisticamente significativo em nível inferior a 0,01).

O ganho normalizado, que expressa o crescimento percentual do pré para o pós-teste tomando em consideração que a máxima amplitude possível deste crescimento não é o número total de questões do teste mas a diferença entre o número total e a média no pré-teste, resultou ser 34%.

O Quadro 8 apresenta o ganho absoluto e normalizado para cada grupo de questões em acordo com o nível da classificação de Curcio.

	Ganho absoluto (%)	Ganho padronizado (%)
Nível 1 - <i>ler os dados</i>	10	36
Nível 2 - <i>ler entre os dados</i>	14	37
Nível 3 - <i>ir além dos dados</i>	40	56

Quadro 8: Ganho absoluto e ganho padronizado para cada nível da classificação de Curcio.

Chama atenção o fato de que o aumento mais expressivo foi no nível 3. Isso porque, como visto no Quadro 4 o menor número de questões constantes nas listas de exercícios foi correspondente a esse nível. Esse resultado converge com o apresentado por Fernandes e Moraes, 2011, no qual os alunos também obtiveram maior proficiência em gráficos correspondentes ao nível 3 se comparado com o nível 2.

6.2 Análise da prova de Física térmica

Após o término do módulo didático foi aplicada uma prova a fim de verificar a aprendizagem em Física Térmica. A média de acertos nas 14 questões foi 7,5 e o desvio padrão do escore total foi de 2,68. Desta forma o percentual de acertos nas 14 questões resultou em 53%. A Tabela 5 apresenta o coeficiente de correlação de cada item da

¹⁴ Disponível em http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf, acessado em 29/09/2016.

prova. Três itens apresentaram índice de correlação abaixo de 0,2, sugerindo que a questão não é adequada à avaliação. Mesmo assim, mantendo-se as 14 questões na prova o coeficiente alfa do escore total resultou em 0,60, atingindo o valor mínimo adequado aos objetivos do teste na situação deste estudo conforme Silveira (1993). A prova encontra-se no Apêndice F.

Questão	Coeficiente de correlação da questão com o escore total	Proporção de acertos
1	0,47	0,41
2	0,59	0,46
3	0,54	0,65
4	0,04	0,68
5 a	0,17	0,78
5 b	0,41	0,84
6	0,58	0,41
7	0,17	0,38
8	0,49	0,51
9 a	0,37	0,54
9 b	0,51	0,32
10	0,43	0,65
11	0,51	0,27
12	0,32	0,59

Tabela 5: Proporção de acertos nas questão e coeficiente de correlação entre o escore na questão e o escore total na prova de Física Térmica.

As questões 4, 5a e 7 apresentaram baixo coeficiente de correlação com o escore total. As questões 4 e 5a apresentaram alto índice de acerto, o que pode sugerir duas coisas: i) a questão está mal formulada e acertar a questão está associado à má interpretação da mesma; ii) o acertar a questão está mais associado a fatores que não estão ligados aos conhecimentos adquiridos. A questão 7 apresenta baixo índice de acerto e baixo índice de correlação, o que significa que os alunos com menor rendimento tenderam a acertar mais essa questão.

6.3 Resultado da pesquisa de opinião

A análise da pesquisa de opinião apresenta-se em duas seções diferentes. Na seção 6.3.1 analisa-se as questões da pesquisa de opinião cujas respostas manifestam um grau de concordância ou discordância e na seção 6.3.2 as questões discursivas. A análise das questões discursivas considera as respostas de maior significância para a avaliação do projeto. Nas questões da pesquisa de opinião, além da significância, são destacados resultados inesperados. A pesquisa de opinião consta no Apêndice G.

6.3.1 Análise das afirmativas da pesquisa de opinião

A pesquisa de opinião abordou diferentes questões pertinentes às percepções dos alunos quanto à proposta. Para facilitar a apresentação, classificam-se as questões quanto: i) a satisfação do aluno com a proposta, ii) dedicação do aluno, iii) qualidade dos materiais elaborados, iv) questões gerais.

Os alunos responderam aos itens da pesquisa de opinião (cada item se constitui em uma afirmativa) manifestando o seu grau de concordância ou discordância em uma escala de cinco pontos: (DT) discordo totalmente, (D) discordo, (I) indiferente ou sem opinião, (C) concordo, (CT) concordo totalmente.

i) satisfação do aluno com a proposta

O Quadro 9 apresenta as afirmativas relativas à satisfação do aluno com a proposta e a frequência das respostas dadas pelos alunos em cada uma das alternativas (DT, D, I, C e CT). Pode-se observar que, no geral, os alunos apresentaram um bom grau de satisfação quanto à avaliação da proposta. Das 259 respostas, 172 (66%) foram positivas e 87, negativas ou indiferentes. Destacamos abaixo as questões que apresentam índice de satisfação abaixo da média.

		DT	D	I	C	CT
1	Nas aulas práticas tive oportunidade de realizar atividades que me interessaram.	0	1	1	23	12
2	O professor apresentou o conteúdo de forma clara e inteligível.	0	1	1	21	14
6	Acredito que as aulas partiram de conhecimentos que eu já possuía.	5	11	8	9	4
10	As aulas frustraram a minha expectativa.	12	18	5	1	1
11	As aulas do projeto me agradaram mais do que as aulas tradicionais do professor.	1	6	17	5	8
12	O projeto me ajudou a ter maior interesse pela Física.	1	7	12	16	1
13	Acredito ter me aprimorado na interpretação de gráficos.	0	1	7	23	6

Quadro 9: afirmativas da pesquisa de opinião referentes ao produto educacional e frequência de respostas dos alunos na várias categorias da escala Likert.

Quanto à questão 06, 24 alunos indicaram discordar ou não tiveram opinião sobre a afirmação de que as aulas teriam partido de conhecimentos que os discentes já possuíam. Durante a aplicação da pesquisa de opinião, houve uma confusão sobre o que eles consideram conhecimento próprio. Alguns alunos perguntaram de forma privada o que seriam esses conhecimentos. Foi esclarecido questionando se durante as apresentações dos conteúdos a discussão partia de exemplos de conhecimento do aluno ou de exemplos hipotéticos e abstratos. Os alunos estavam com dificuldades de perceber que o entendimento de exemplos do cotidiano é um conhecimento que eles já possuem.

ii) dedicação do aluno

O Quadro 10 apresenta a afirmativa relativa à dedicação dos alunos e as respostas dos alunos.

		DT	D	I	C	CT
14	Dediquei-me pouco aos estudos durante a aplicação da proposta.	4	11	6	14	2

Quadro 10: afirmativa da pesquisa de opinião referente à dedicação dos alunos e frequência de respostas dos alunos nas várias alternativas de respostas.

Dos 37 alunos que responderam à pesquisa de opinião, 16 alunos afirmam ter se dedicado pouco ao projeto, o que representa um total de 43% e seis alunos não responderam ao item, o que representa 16% do total.

iii) quanto à qualidade dos materiais elaborados

O Quadro 11 apresenta as afirmativas relativas à qualidade dos materiais elaborados e as respostas dos alunos para as questões.

		DT	D	I	C	CT
4	As listas de exercícios foram adequadas ao conteúdo apresentado em aula.	0	2	1	17	17
5	As atividades experimentais me ajudaram no processo de aprendizagem.	0	0	6	14	17
7	O texto O calor: do uso coloquial ao científico enriqueceu o debate em sala de aula.	0	3	14	16	4
8	As atividades relacionadas aos vídeos sobre calorimetria me ajudaram no entendimento do conteúdo.	0	2	7	15	13
9	Os materiais fornecidos auxiliaram na compreensão da Termologia.	0	0	3	24	10

Quadro 11: afirmativas da pesquisa de opinião referentes à qualidade do material elaborado e frequências das respostas dos alunos nas várias alternativas de respostas.

Pode-se observar que, no geral, os alunos apresentaram um bom grau de satisfação quanto à qualidade do material elaborado. Das 185 respostas, 147 (79%) foram positivas e 38, negativas ou indiferentes.

As listas de exercícios e, especialmente as aulas práticas, apresentam adequado grau de satisfação. Ambos recursos didáticos já haviam sido utilizados pela turma no passado, porém com abordagem diferente. Nas práticas experimentais, por exemplo, os alunos deixaram de ser meros expectadores e utilizaram a prática para investigar o que estava acontecendo. Além disso, puderam comparar sua produção com diferentes curvas e, ao final, com as curvas apresentadas pelos colegas, o que gerou grande excitação na turma.

iv) afirmativas gerais

O Quadro 12 apresenta as questões relativas a afirmativas gerais e as respectivas respostas dos alunos.

		DT	D	I	C	CT
3	O tempo dedicado ao estudo de Termologia foi adequado.	2	17	4	12	2
15	Os temas apresentados em aula não têm aplicação no dia a dia.	15	11	8	2	1

Quadro 12: questões relativas às afirmativas gerais e frequência de respostas dos alunos.

A afirmativa três chamou atenção pelo número de alunos que discordam que o tempo de aplicação foi suficiente. Essa foi uma reclamação recorrente em sala de aula. Como já comentado anteriormente, os alunos acharam incômodo lidar com tantos exercícios em um espaço tão curto de tempo. Em alguns casos citaram que estavam com muitas atividades em todas as disciplinas e que por esse motivo sentiram grande necessidade de uma discussão mais extensa em alguns momentos. Dos 37 alunos que responderam à afirmativa 3 da pesquisa de opinião 19 alunos afirmam que o tempo foi insuficiente para a aplicação do projeto, o que representa um total de 51% do total.

6.3.2 Análise das questões discursivas

O Quadro 13 apresenta a visão geral da opinião dos alunos nas questões discursivas. Na sequência são projetadas e comentadas algumas respostas.

O aspecto mais positivo espontaneamente apontado pelos alunos foram as aulas experimentais, apontada por 16 alunos. Nota-se também que 10 alunos sugeriram para aplicações futuras uma quantidade maior de períodos, o que ficou explicitado em diversas aulas e que no Capítulo 7 será discutido.

A maior parte dos alunos:

- 83% acredita ter aprendido os conceitos trabalhados em sala de aula
- 94% recomendaria que a proposta de ensino fosse aplicada em outras turmas
- 94% gostou da tarefa dos vídeos e a lista de atividades a elas relacionadas
- 81% gostou da estratégia de projetar respostas de alguns alunos para a discussão
- 62% considera que tenha tido tempo suficiente para responder as tarefas de casa.

Questão	Frequência de respostas	Respostas
1) Indique algum (ou mais) ponto(s) da proposta de ensino de Termologia que você julgue como positivo.	2	Material interessante
	6	Vídeos e texto
	16	Aulas práticas
	8	Listas de exercícios
	3	Slides
	10	Facilidade de aprendizado
	5	Gráficos
	5	Conteúdo aprendido
2) Você acredita ter aprendido os conceitos trabalhados em sala de aula? Justifique.	31	Sim
	1	Não
	5	Parcialmente
3) Após as atividades experimentais foram projetadas as respostas de alguns alunos para discussão. Você gostou desse método?	30	Sim
	3	Não
	4	Parcialmente
4) Quanto às tarefas para serem feitas em casa, considera que tenha tido tempo suficiente para respondê-las?	23	Sim
	12	Não
	2	Parcialmente
5) Você indicaria que essa proposta de ensino fosse aplicada em outras turmas? Justifique.	35	Sim
	2	Não
6) Quanto à tarefa dos vídeos e a lista de atividades a elas relacionadas, gostaste desse tipo de tarefa?	32	Sim
	5	Não
7) Pensando que essa proposta de ensinar vai ser usada novamente em outras turmas no ano que vem, o que poderia ser feito para melhorar?	18	Tempo maior para resolução de exercícios
	5	Slides menores
	4	Mais exercícios
	3	Menos exercícios
	3	Acompanhar gabarito
	3	Plantão de dúvidas
	2	Mais experimentos
	2	Mais vídeos
10	Maior número de períodos	

Quadro 13: apresentação geral das respostas dos alunos quanto às questões discursivas.

A primeira questão é “Indique algum (ou mais) ponto(s) da proposta de ensino de Termologia que você julgue como positivo”. Foram indicados diversos pontos positivos e em alguns casos houve a indicação de mais de um recurso didático utilizado, como por exemplo, o aluno 05 que citou:

AULAS PRÁTICAS E EXPERIMENTAIS, VÍDEOS E OUTRAS INICIATIVAS AJUDARAM PARA UM ENTENDIMENTO MAIS CLARO DA MATÉRIA.

O ponto positivo mais citado foram as aulas experimentais, citadas por 16 alunos, como por exemplo, o aluno 10:

Os experimentos foram com bastante sucesso, pois é sempre bom ter um contato físico com o que se está fazendo, para ver que as coisas realmente são como se não ficam apenas no papel. São legais.

As listas de exercícios foram citadas por 08 alunos, como por exemplo, o aluno 13 que afirmou:

Dentre essas aulas, o ponto que mais me chamou a atenção foi a diversidade dos exercícios apresentados.

Em outras situações os alunos tendem a não aprovar as listas por acharem que o nível de dificuldade cresce muito rapidamente. Alguns alunos relataram verbalmente que perceberam um cuidado maior na escolha das questões do que quando comparado ao livro didático. Notaram que a distribuição dos exercícios acompanhou uma tendência de aumentar progressivamente o grau de exigência, normalmente um exercício sendo utilizado como degrau para o outro. A aluna 09, além dos experimentos, indicou como positivo os *slides* utilizados:

As atividades após dos experimentos e os slides contendo a matéria.

Conversando com a turma ouvimos diversas vezes que os *slides* de aula estavam muito bons. Como estavam acostumados basicamente com a lousa, pudemos perceber que esse recurso didático foi bem-vindo às aulas.

A questão 02 perguntava “*Você acredita ter aprendido os conceitos trabalhados em sala de aula? Justifique*”. Do total de alunos, 31 responderam acreditar que aprenderam os conceitos trabalhados em aula. A aluna 21, por exemplo, classificou

como agradável a programação das aulas. Cabe destacar que a referida aluna possui excelente rendimento acadêmico.

Acredito ter aprendido perfeitamente todos os conceitos trabalhados em aula, pela programação agradável do projeto (aulas teóricas e práticas bem intercaladas) e pela ótima explicação/dedicação do professor.

Em contraponto, a aluna 02 indicou que acredita não ter aprendido todos os conceitos trabalhados e que algumas explicações não ficaram muito claras. Nesse caso é importante pontuar que essa é uma aluna que possui histórica dificuldade na disciplina de Física.

Algumas coisas não ficaram muito claras para mim, acredito que todos os conceitos trabalhados não consegui entender, apenas alguns.

Cabe ainda enfatizar que todos os alunos que acreditaram ter aprendido parcialmente os conceitos trabalhados são discentes com histórico de dificuldade de aprendizagem. A aluna 34, por exemplo, classificou como razoável seu aprendizado sobre os conceitos trabalhados e citou que deveria haver mais tempo para aprofundar os conceitos.

Razoavelmente, devido ao curto período de tempo, e minhas dificuldades nessa matéria, acredito que terei que me aprofundar mais no estudo.

A questão 03 perguntava “Após as atividades experimentais foram projetadas as respostas de alguns alunos para discussão. Você gostou desse método?” Entre todos os alunos respondentes 30 indicaram terem gostado do método. A aluna 02 indicou que é positivo ter acesso ao que os outros fizeram para poder comparar as respostas.

Sim. É sempre bom ouvir as respostas dos colegas para ver e comparar com a própria resposta.

A aluna 36 comentou positivamente sobre a possibilidade de visualizar os erros nas discussões com projeção de respostas erradas.

Eu gostei deste método pois, com isso podemos obter também as possibilidades de várias respostas diferentes a partir de uma atividade experimental "simples".

Pode-se perceber durante a aplicação da proposta que as práticas experimentais promoveram uma forte relação de entusiasmo na turma. No geral, os alunos relataram que se surpreenderam com a relação *simplicidade X conhecimento adquirido* promovido pelas práticas experimentais.

A questão 04 perguntava "Quanto às tarefas para serem feitas em casa, considera que tenha tido tempo suficiente para respondê-las?" Em 23 respostas os alunos indicaram ter havido tempo para a resolução, porém alguns alunos, como no caso do aluno 32, indicaram terem ficado frustrado porque não conseguiam atingir o resultado correto, não entendendo o procedimento para a resolução do problema.

NÃO. ERAM MUITAS, E MUITAS DELAS ME FRUSTAVAM POR NÃO CONSEGUIR O RESULTADO CORRETO, ALÉM DE NÃO COMPREENDER MUITO BEM O QUE O EXERCÍCIO PEDIA.

Quanto a esses relatos, no Capítulo 7 discutem-se os aspectos desfavoráveis à aplicação da proposta. O aluno 03, por exemplo, citou que a relação de intensidade dos exercícios frente ao tempo fornecido para a resolução foi insuficiente, indicando que algumas listas eram, nas palavras do aluno, pesadas para serem feitas entre uma aula e outra.

A maioria sim, algumas listas porém, eram muito "pesadas" para tão pouco tempo entre uma aula e outra.

A aluna 34, indicou que o tempo foi suficiente para a resolução e elogiaram o recurso didático,

Sim, além de tempo suficiente achei a proposta bem interessante.

e o aluno 33 disse ter sido suficiente o prazo quando existe organização.

Sim, muito tranquilo o prazo e você no programa, mesmo, e o mais importante.

A questão 05 perguntava “Você indicaria que essa proposta de ensino fosse aplicada em outras turmas? Justifique.” 35 alunos sinalizaram indicar futuras aplicações sendo que apenas dois alunos não indicariam. A aluna 21 escreveu:

Indico a proposta para outras turmas, pois com ela, particularmente, cresceu muito mais minha adoração pela Física e também é agradável e fácil compreender o conteúdo e aprender.

A questão 06 perguntava “Quanto à tarefa dos vídeos e a lista de atividades a elas relacionadas, gostaste desse tipo de tarefa?” tendo 32 alunos gostado da proposta. O aluno 13 observou que:

Quanto aos vídeos apresentados achei uma ideia muito boa, porém em relação as listas não achei muito produtivo e sim exaustivo.

E a aluna 21 que avaliou positivamente a tarefa dizendo que a diversidade de tarefas ajuda no aprendizado.

Particularmente adorei esse tipo de tarefa, porque é bom sair da rotina e poder ver os experimentos dos problemas/exercícios, e não apenas imaginá-los. É divertido e facilita a compreensão.

Já a aluna 01, por exemplo, criticou a tarefa argumentando que poderia ser resolvida apenas com observação, não exigindo conhecimento.

A ideia é boa, porém as perguntas eram óbvias e não exigiam conhecimento, apenas observação.

A questão 07 perguntava “Pensando que essa proposta de ensinar vai ser usada novamente em outras turmas no ano que vem, o que poderia ser feito para melhorar?” A sugestão de melhoria de maior incidência sobre as respostas diz respeito ao tempo. O aluno 10, por exemplo, citou que seria necessário uma duração maior de períodos para a aplicação, já o aluno 12 considerou a proposta adequada.

Acho que para otimizar mais a proposta, é preciso dar mais tempo ao professor aplicá-la nos alunos. Um número de períodos maior seria interessante, por serem alunos do 2º A do ensino médio, e pela maioria não ter facilidade e não dominar muito bem a área da física.

Ou a aluna 21:

Acho que a única melhoria no projeto seria mais tempo, principalmente para a correção de listas de exercícios.

Alguns alunos apenas elogiaram a proposta, como, por exemplo, o aluno 12:

Na minha opinião, a proposta estava adequada e bem programada. Não existe algo em meu ponto de vista que deve ser melhorado. Parabéns.

Com base na pesquisa de opinião podemos destacar:

- Os recursos didáticos tais como aulas experimentais, projeção de respostas erradas e listas de exercícios foram bem avaliadas pelos alunos.
- Houve um entusiasmo da turma frente a proposta, 10 alunos citando a facilidade de aprendizado como um ponto positivo da proposta.
- Em alguns casos o tempo foi insuficiente para a execução das listas de exercícios. A respeito disso segue algumas considerações nas considerações finais.

Não há dúvidas de que vivemos tempos em que mudança acelerada de conceitos e o amplo acesso à informação transformam as verdades de hoje em dúvidas de amanhã. A tarefa de ensinar sofre com essa dinâmica, primeiro com o choque de gerações, mesmo quando a diferença de idade entre professor e aprendiz é pequena, os conceitos e valores sociais são muito diferentes e; segundo, como competir com um mundo de possibilidades e em constante transformação?

Nesse sentido, ao finalizar o trabalho que foi desenvolvido com os alunos, podemos perceber mudanças extremamente positivas. No geral a turma passou a ter um pensamento pró-ativo. Em conteúdos subsequentes à aplicação da proposta, a mudança de postura em sala de aula foi fantástica. Podemos perceber que o planejamento sistemático das aulas e a incorporação de aulas práticas no qual o aluno é agente ativo da experimentação, e não um mero anotador de valores e reproduzidor de ideias prontas, foi instigante e mostrou a importância da pró-atividade e da tomada de decisões.

Acreditamos que a proposta tornou mais agradáveis as aulas e enriqueceu os alunos quanto ao conhecimento adquirido e ao despertar científico. Após a aplicação do produto, os alunos, em diversos momentos na continuidade do conteúdo de terminologia, evocaram elementos do produto como, por exemplo, o texto O calor: do uso coloquial ao científico. O Capítulo 7 apresenta as considerações finais.

7 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Descrevemos neste trabalho o desenvolvimento e aplicação de um módulo didático para o estudo de termologia com ênfase na interpretação de gráficos. A proposta foi aplicada a uma turma de segundo ano do Ensino Médio, a alunos que estudaram gráficos da cinemática no primeiro ano, mostrando resultados satisfatórios, como voltaremos a comentar.

A distribuição do conteúdo é uma competência da escola, não sendo igual para todas as escolas. Em muitas escolas a termologia é estudada em outros níveis da educação. Por exemplo, na outra escola em que o autor deste trabalho ministra aulas, o conteúdo de termologia é estudado no primeiro ano do Ensino Médio. No entanto, consideramos que isso não impede o uso do produto educacional resultante do presente trabalho, pois a proposta foi estruturada para se encaixar em qualquer etapa do ensino médio podendo ser adaptada para o nono ano do ensino fundamental.

É importante considerar que a turma na qual se realizou o trabalho se caracteriza por apresentar bom rendimento escolar e um histórico de boa receptividade à Física, o que ajudou no sucesso do trabalho. Em outras palavras podemos dizer que a turma “comprou a ideia”, desde a primeira aula em que foi apresentado de forma expositivo-dialogada um conjunto de *slides* mostrando possibilidades e recursos associados ao uso de gráficos.

No geral, os alunos gostaram das apresentações de aula. O recurso didático expositivo-dialogado foi utilizado em diversas aulas com a projeção de *slides* contendo imagens relacionadas ao que estávamos estudando, exemplos, conceitos etc.

Podemos observar pelo relato dos alunos, apesar de algumas dificuldades, que as listas de exercícios foram bem avaliadas, ainda que o tempo tenha sido considerado insuficiente para resolvê-las. Um problema constatado durante a aplicação da proposta foi que, como critério para a elaboração das listas, elas apresentavam uma estrutura associada ao aumento no raciocínio para a resolução das questões. Dessa forma, as questões que envolviam a análise e interpretação de gráficos não eram as primeiras questões das listas. Muitos alunos citaram que tiveram dificuldades de chegar até os exercícios de gráficos porque não conseguiam resolver a todos até chegar nessa parte da

lista. As listas de exercícios associadas à visualização de vídeos foi uma ferramenta pedagógica totalmente nova para os alunos e maior parte da turma indicou ter gostado da proposta.

As atividades experimentais foram importantíssimas. Nelas apareceram dúvidas simples como, por exemplo, que escala adotar para construir um gráfico. É importante ressaltar que o roteiro da prática experimental foi cuidadosamente elaborado para criar situações no qual os alunos deveriam adotar medidas e procedimentos próprios. Dessa forma fugimos da tradicional “receita de bolo”, o que foi muito enriquecedor. Além do problema das escalas no gráfico, alguns alunos ligaram os pontos da curva de resfriamento, outros não administraram bem o tempo ou apenas não sabiam ler o termômetro e tudo isso foi muito bem trabalhado em aula.

O texto O Calor: do uso coloquial ao científico acrescentou muito nas discussões em aula. Com ele pudemos traçar uma linha histórica e discutir diferentes teorias propostas ao longo da história. História é um conteúdo de relativo interesse dos alunos e pudemos perceber durante a aplicação da proposta que a discussão acerca das teorias e dos períodos históricos gerou grande entusiasmo.

Os alunos apresentaram entusiasmo com a proposta. A mescla de diferentes ferramentas didáticas criou um clima descontraído, o que facilitou a aplicação da proposta. Com base na pesquisa de opinião todos os recursos didáticos foram aprovados pelos alunos. Pode-se destacar três aspectos desfavoráveis à aplicação da proposta:

i) O módulo didático foi mais eficaz àqueles alunos que possuem histórica facilidade na disciplina de Física. Percebeu-se que a proposta foi pouco efetiva à alunos que possuem dificuldade na disciplina, o que não representa a intenção inicial do trabalho.

ii) As listas de exercícios foram estruturadas tal que os exercícios de gráficos estavam na segunda metade da lista, o que não favoreceu ao desenvolvimento da habilidade de leitura e interpretação de gráficos. Houve relatos de alunos que desenvolveram apenas a primeira parte da lista de exercícios e na segunda metade já estavam cansados, não tendo a mesma dedicação do que na resolução da primeira metade da lista.

iii) Por razões particulares que não cabem aqui discutir, a aplicação do projeto contou com um número maior de períodos semanais do que de costume, intensificando a aplicação do produto. Ao invés de três períodos semanais os alunos, em algumas semanas de aplicação, tiveram cinco períodos de aula. A aglomeração de períodos dificultou a resolução dos exercícios já que os alunos tiveram menos tempo entre as aulas, não respeitando o ritmo dos alunos.

Recomenda-se a aplicação da presente proposta no nível Médio do Ensino Básico e, com algumas pequenas modificações, no Ensino Fundamental.

Para o professor autor da dissertação, a proposta foi de grande enriquecimento à medida que mudou as concepções sobre a aprendizagem.

8 REFERÊNCIAS

ABID, M.L.V.C.; ARAÚJO, M.S.T. *Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

AGRELLO, D.; GARG, R. *Compreensão de gráficos da cinemática em física introdutória*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 21, n. 1, p. 103-115, 1999.

ANASTASLOU, L.G.C; ALVES, L.P. *Estratégias de ensinagem*. 54 p. Disponível em: < <http://www.ufmt.br/proeg/arquivos/2dc95cd453e52a78a17dcc157f04dbf6.pdf> >. Acesso em 29 jun. 2016.

ARAÚJO, I. S. Um estudo sobre o desempenho de alunos de física usuários da ferramenta computacional Modellus na interpretação de gráficos em cinemática. 121f. Monografia (Mestrado em Física) – Instituto de Física. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

ARAÚJO, I.; MAZUR, E. *Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino aprendizagem de Física*. Caderno Brasileiro do Ensino de Física, v. 30, n. 2, p. 362-384, 2013.

ARAÚJO, I.; VEIT, E.; MOREIRA, M. *Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.

BEICHNER, R. *Testing student interpretation of kinematics graphs*. American Journal of Physics., v. 62, n. 8, 1994.

BORGES, A.T. *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 19, n. 3, p. 9-31, 2002.

MEC - Ministério da Educação. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de referência para o ENEM 2009*. Brasília (DF): INEP, 2009. Disponível em: < http://ensinomediodigital.fgv.br/pdf/matriz_novoem.pdf >. Acesso em 24 jul. 2016.

FERNANDES, J.; MORAIS, P. *Leitura e Interpretação de Gráficos Estatísticos por Alunos do 9º Ano de Escolaridade*. Educação Matemática Pesquisa, v. 13, n. 1, p. 95-115, 2011.

GALIAZZI, M.C.; ROCHA, J.M.B., SCHMITZ, L.C.; SOUZA, M.L.; GISTA, S.; GONÇALVES, SP. *Objetivo das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciência*. Ciência & Educação, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GOMES, J.C. CASTILHOS, W.S. *Uma visão de como a física é ensinada na escola brasileira, e a experimentação como estratégia para mudar essa realidade*. 1ª jornada de iniciação científica e extensão do Instituto Federal do Tocantins; 18 e 19 de outubro de 2010, Palmas. Biblioteca Campus Porto Nacional, 2010.

- INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais. *Exame Nacional do Ensino Médio: Documento Básico*. Brasília (DF). 2002.
- LEITE, L. ESTEVES, E. *Ensino orientado para a aprendizagem baseada na resolução de problemas na licenciatura em física e química*. VIII Congresso Galaico-português de Psicopedagogia. 14 a 16 de Setembro de 2005. Braga, Faculdade de Letras da Universidade do Porto, 2005.
- LUCKESI, C.C. *Avaliação da Aprendizagem Escolar*, 19 ed. São Paulo: Cortez, 2008.
- MACHADO, M.A.; *O ensino de física térmica na perspectiva da aprendizagem significativa*. Dissertação (mestrado profissional em Ensino de Ciências) – Departamento de Física. Ouro Preto: Universidade Federal de Ouro Preto, 2015.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, M.A, *Aprendizagem significativa: um conceito subjacente*. Meaningful Learning Review. v.1, n. 3, p. 25-46, 2011.
- OECD - Organization for Economic Co-operation and Development. *Education at a Glance 2012: OECD Indicators*, OECD Publishing. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/eag-2012-en>>. Acesso em 10 mar. 2016.
- OSTERMANN, F. MOREIRA, M. A. *A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental*. Editora da Universidade – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 151 p. 1999.
- CNE/ CEB - Parecer nº 15, de 01 de junho de 1998. Diretrizes Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/1998/pceb015_98.pdf>. Acesso em 30 jun. 2016.
- RAMALHO, F.; FERRARO, N.; TOLEDO, P.; *Os fundamentos da física*. São Paulo. Editora moderna, v. 1, 2009.
- RICARDO, R.; FREIRE, J. *A concepção dos alunos sobre a Física do ensino médio: um estudo exploratório*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.
- SCARPARI, D.O. *A função social da escola: o ensino médio deve formar para a vida ou para o mercado de trabalho?* 53f. Monografia. Santa Catarina: Universidade do Extremo Sul Catarinense, 2003.
- SILVA, G.; SOUSA, C.M.S.G.; *O uso de mapas conceituais como estratégia de promoção e avaliação da aprendizagem significativa de conceitos de calorimetria em ensino médio*. Experiências em Ensino de Ciências. v. 2, n. 3, p. 63-79, 2007.
- SILVA, O.H.M.; LABURÚ, C.E.; NARDI, R.; *Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor em sala de aula*. Caderno Brasileiro do Ensino de Física, v. 25, n. 3, p. 383-396, 2008.
- SILVEIRA, F.L. *Determinando a significância estatísticas entre as médias*. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf>. Acesso em 29 set. 2016.

SILVEIRA, F. L. *Validação de testes de lápis e papel*. In: MOREIRA, M.A e SILVEIRA, F.L. *Instrumentos de pesquisa em ensino e aprendizagem*. Porto Alegre. Edipucrs, 1993. Disponível em: < http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Comparacoes_em_media.pdf >. Acesso em 29 set. 2016.

SOSA, J. Conocimiento didáctico del contenido sobre la representación de datos estadísticos: estudios de caso con profesores de estadística en carreras de psicología y educación. Tese (Doutorado). Salamanca, Universidade de Salamanca, 2010.

TRAVITZKI, R. ENEM: limites e possibilidades do Exame Nacional do Ensino Médio. 2013. 320f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação São Paulo: Universidade de São Paulo,, 2013.

WU, Y. Singapore secondary school students' understanding of statistical graphs. 2004. Disponível em < lase-web.org/documents/papers/icme10/yinkang.pdf >. Acesso em 28 mar. 2014.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Texto O Calor: do uso coloquial ao científico

Gabriel Schabbach Schneider

O Calor: do uso coloquial ao científico

Qual foi a última vez que você sentiu calor? Essa simples frase traz consigo uma carga histórica de confusão sobre um conceito importante da física. A palavra calor estabelecida na linguagem coloquial vai ao encontro da antiga teoria da temperatura dos corpos – a teoria do calórico.

Desde a antiguidade o ser humano buscou compreender o mundo a sua volta. Os antigos filósofos como Empédocles (495 a.C. – 430 a.C.) e Aristóteles (384 a.C. – 322 a.C.) atribuíam a temperatura dos corpos a qualidades primitivas da matéria. Para eles os corpos eram compostos de quatro elementos, sendo um desses elementos o fogo, e um corpo poderia se transformar com a remoção ou adição desses elementos. Visto hoje, esse conceito pode parecer ingênuo, mas devemos lembrar que os antigos filósofos contavam como recurso investigativo apenas a observação. Suas teorias representaram um avanço para a época, tanto que suas ideias sobreviveram por quase dois mil anos sendo largamente difundidas entre os alquimistas.

Com o passar dos séculos novas teorias foram surgindo. Em 1661 o químico irlandês Robert Boyle (1627 – 1691) escreveu em sua obra, o Químico Cético, a respeito dos elementos químicos. Nessa obra Boyle ainda incluía o fogo como um dos elementos. Algumas décadas mais tarde o médico do rei prussiano, Georg Stahl (1659 – 1734), desenvolve a Teoria do Flogisto. Conforme Stahl todos os materiais possuíam na sua composição um elemento, chamado flogisto que, ao entrar em aquecimento ou combustão era liberado. Quanto mais inflamável fosse o material, mais flogisto era liberado durante o aquecimento ou queima. A Teoria do Flogisto foi aceita na época. Ela contemplava um questionamento muito grande a respeito da natureza do aquecimento e da combustão. A pergunta que se firmava na época era: porque materiais diferentes sofrem aquecimentos ou entram em combustão de forma diferente? Muito conveniente associar essa propriedade a uma característica comum dos materiais. Posteriormente essa teoria foi derrubada pelo químico francês Antoine Lavoisier (1743 – 1794). Lavoisier inicialmente observou que em compostos orgânicos havia perda de massa durante a combustão e nos metais ocorria o contrário e o metal acabava ganhando

peso durante o aquecimento. Essa constatação refuta a Teoria do Flogisto já que para haver aquecimento deveria haver perda de flogisto, o que não acontecia com metais.

Apesar de parecer, a derrubada da Teoria do Flogisto não foi simples. Para Stahl o Flogisto não necessariamente devia possuir massa e peso já que o considerava como uma essência da matéria. Através de intensos experimentos Lavoisier conseguiu provar que o princípio ativo da combustão não era um elemento presente no material e sim o oxigênio presente na atmosfera. Lavoisier propõe a Teoria do Calórico como alternativa à Teoria do Flogisto. Pela teoria do calórico, quanto maior fosse a quantidade presente de um fluido imponderável (sem peso), chamado calórico, em um corpo, maior seria sua temperatura. Se, por exemplo, diversos corpos em diferentes temperaturas fossem colocados ao mesmo tempo em um mesmo ambiente, o que aconteceria? Pela Teoria do Calórico, o calórico se distribuiria entre eles de forma que no final todos os corpos atingiriam um estado de equilíbrio e dessa forma todos teriam a mesma temperatura. A distribuição da quantidade do fluido calórico presente em cada um dos corpos colocado na sala se daria de tal forma que corpos de mesmo volume à mesma temperatura deveriam possuir a mesma quantidade de calórico. Nessa época calórico e temperatura eram coisas indistinguíveis. Alguns cientistas, do qual destaco Joseph Black (1728 – 1799), adepto da Teoria do Calórico, compreendiam dois conceitos de forma diferente. Para Black, existia uma diferença entre o calórico e a intensidade do calórico (que era o que o termômetro podia registrar), e isso deveria ser considerado na distribuição do calórico. A teoria do calórico, apesar de ter sido superada, explicava de forma satisfatória o aquecimento e o resfriamento dos corpos, a dilatação e a condução térmica.

Atualmente, na linguagem coloquial ou do dia a dia usa-se a palavra CALOR ao invés de CALÓRICO. Entretanto tal uso coloquial do termo calor é muito semelhante ao velho e superado conceito de calórico.

A confusão da antiga teoria com o uso de expressões científicas quando utilizadas no dia a dia ocorre quando, por exemplo, utilizamos a palavra calor para indicar altas temperaturas. Pela teoria antiga quanto maior fosse a quantidade de calórico, agora calor, em um corpo maior seria a temperatura desse corpo. Na linguagem coloquial esta ideia é aceita, sendo de fácil entendimento, apesar de ser equivocada do ponto de vista científico. O problema ocorre quando confundimos

conhecimento e linguagem científica com conhecimento popular e linguagem coloquial. A definição física do calor está associada a um processo em que ocorre transferência de energia entre duas fontes térmicas. Em um processo **espontâneo a energia se transfere do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura**. É equivocado pensar que a temperatura de um corpo pode ser definida pelo calor do corpo. Ou seja, quando no dia a dia utilizamos a expressão que calor, não estamos dando o uso correto ao termo científico e sim reproduzindo um termo enraizado na linguagem popular e que naquele contexto é de utilidade. Esse termo lembra a antiga teoria proposta por Lavoisier, a Teoria do Calórico. Dessa forma, quanto maior fosse a temperatura de um corpo mais o fluido estaria presente, mais teríamos em calor no corpo.

O conceito científico de temperatura está muito distante do que popularmente se entende por temperatura. De forma simplificada, a temperatura do corpo está associada com um movimento em nível microscópico que não percebemos usualmente, o movimento dos constituintes microscópicos da matéria, o movimento das moléculas. Segundo a Teoria Cinética da Matéria, a temperatura depende da energia cinética média de translação dessas pequenas partículas. Ou seja, os constituintes microscópicos da matéria estão em movimento (embora pareça para os nossos sentidos que tudo está em repouso em, por exemplo, um pedaço de metal ou de qualquer outra coisa), possuindo cada um deles energia de movimento ou cinética e quando a temperatura aumenta, neste nível microscópico a energia cinética aumenta. Quando aferimos a temperatura de um objeto estamos medindo a energia cinética média das moléculas desse objeto em uma conveniente e arbitrária escala termométrica. No Brasil e em países de origem latina é comum o uso da escala Celsius e em países de origem inglesa é comum o uso da escala Fahrenheit. A escala Kelvin é a escala do sistema internacional de unidades de medida.

Os termos calor e caloria estão extremamente difundidos em nossa nosso cotidiano. Quem nunca ouviu a pergunta “quantas calorias tem esse alimento?”. A informação sobre a quantidade de energia (calorias) contida no rótulo dos alimentos é uma questão legal e regulada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Todos os alimentos vendidos em território nacional devem conter tal informação. Uma caloria foi definida inicialmente como sendo a quantidade de energia que deveria ser transferida para um grama de água, no estado líquido, para elevar sua temperatura em um grau celsius.

Uma das grandezas estudadas na física térmica é o calor específico. O calor específico de uma substância é a quantidade de energia absorvida por uma unidade de massa da substância para elevar sua temperatura em uma unidade. No caso da água no estado líquido, o calor específico é muito aproximadamente $1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ já que um grama de água líquida necessita de, aproximadamente, uma caloria de energia para elevar sua temperatura em um grau celsius. A caloria não é a única unidade de energia existente. No Sistema Internacional de Unidades (S.I.) a unidade de energia é o joule. O joule é tradicionalmente uma unidade de medida utilizada para medir o trabalho mecânico e a equivalência entre a caloria e o joule é tal que $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$. Dessa forma, o calor específico da água em unidades joule de energia é de $4,2 \text{ J/g}^\circ\text{C}$. Além da caloria e do joule existem outras unidades de energia tais como o kWh e o BTU.

Questões referentes ao texto.

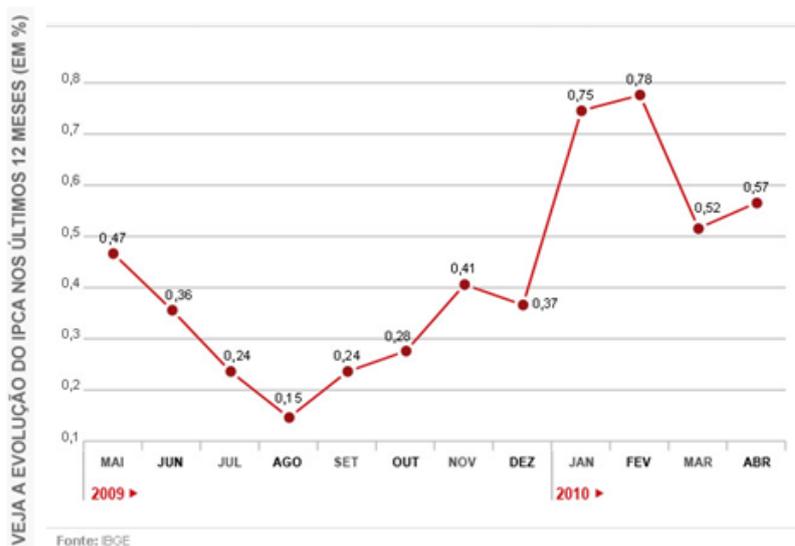
Das questões 1 a 5 circule uma das **duas** opções apresentadas entre parênteses.

1. Durante séculos, a temperatura dos corpos foi atribuída a um dos elementos de qualidade primitiva da matéria. Tal elemento era a/o (terra - fogo) que em maior ou menor intensidade provocava maior ou menor temperatura. Com o surgimento da Teoria do (Flogisto - Calórico) a ideia do elemento que era liberado no seu aquecimento foi definitivamente ultrapassada.
2. Pela teoria do calórico, dois corpos de igual (massa – volume), quando à mesma temperatura, possuem a mesma quantidade de calórico.
3. O equilíbrio térmico ocorre quando dois corpos atingem a mesma (massa - temperatura).
4. O termo calor como sinônimo de altas temperaturas é largamente utilizado na linguagem (científica – coloquial) enquanto caloria é uma unidade de medida que pode ser convertida para (joule – metro).
5. Segundo a Teoria Cinética da Matéria, a temperatura dos corpos está relacionada ao movimento de (rotação – translação) que as moléculas executam. No Brasil a escala termométrica em nossa vida cotidiana é a escala (celsius – kelvin).

6. (Questão extra) No texto é apresentada a seguinte informação: Em um processo espontâneo a energia se transfere do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Você saberia dar um exemplo de um processo inverso ao apresentado? Ou seja, uma situação em que a energia se transfere do corpo de menor para o corpo de maior temperatura?

APÊNDICE B – Pré e pós-teste

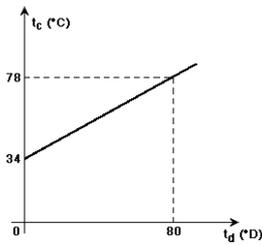
1. O Índice de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) foi criado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para medir a variação do preço do comércio para o público final. O gráfico abaixo ilustra a medida do IPCA entre os meses de maio/2009 e abril/2010.



Com base no gráfico abaixo assinale a alternativa correta.

- a) No mês de janeiro o aumento do IPCA foi menor de 0,3%.
- b) Em nenhum dos meses apresentados o IPCA foi menor de 0,2%.
- c) Em nenhum dos meses apresentados o IPCA foi acima de 0,8%.
- d) No mês de julho o IPCA foi acima de 0,36%.
- e) No mês de abril o preço final aumentou 0,15%.

2. A termologia é a área da física que estuda, entre outras coisas, as escalas termométricas. No gráfico abaixo estão relacionadas duas escalas de temperatura, a escala Celsius (t_c) e a escala arbitrária (t_d).

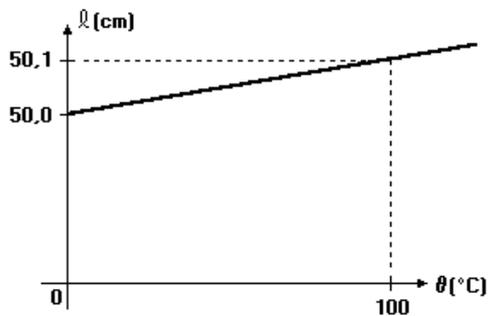


Fonte: Fatec 2007

Analisando o gráfico abaixo, assinale a alternativa correta.

- A indicação de 80° na escala "D" corresponde a 34° na escala celsius.
- A indicação de 34° na escala celsius corresponde a 0° na escala "D".
- A indicação de 80° na escala "D" corresponde a 0° na escala celsius.
- A indicação de 78° na escala celsius corresponde a 0° na escala "D".
- A indicação de 34° na escala celsius corresponde a 80° na escala "D".

3. O gráfico abaixo Indica o comprimento de uma barra em função de sua temperatura.

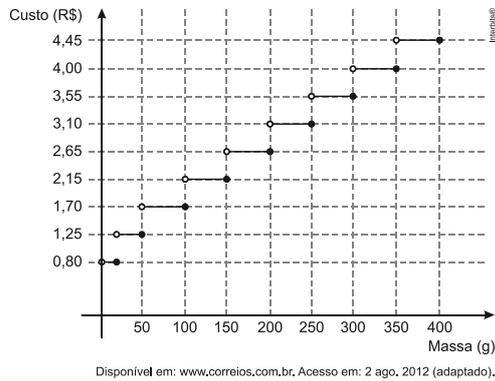


Fonte: CESGRANRIO 1994

Qual das afirmativas abaixo é correta?

- Ao aumentar em 100°C a temperatura a barra aumenta 50,1cm de comprimento.
- À temperatura de 100°C a barra possui o comprimento de 50cm.
- Na temperatura de 50°C a barra possui comprimento superior a 50,1m.
- A 100°C a barra possui 50,1cm de comprimento.
- A 100°C a barra possui 50,1m de comprimento.

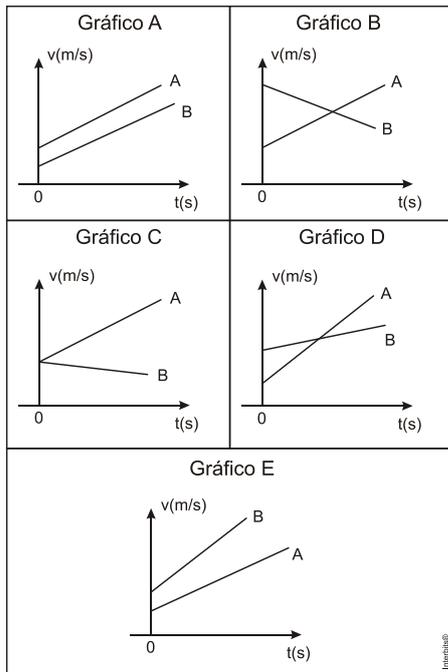
4. (ENEM 2013 - adaptada) Deseja-se postar cartas não comerciais, sendo duas de 100g, três de 200g e uma de 350g. O gráfico mostra o custo para enviar uma carta não comercial pelos Correios:



Assinale a alternativa correta

- O custo para enviar uma carta de massa de 350g é de R\$4,45.
- Existem dois custos possíveis para enviar uma carta de 45g.
- O custo para enviar uma carta de massa de 250g é de R\$3,10.
- A diferença dos preços de envio entre 100g a 200g é a mesma do que 250g a 350g.
- O custo para enviar uma carta de 100g é maior do que uma carta de 60g.

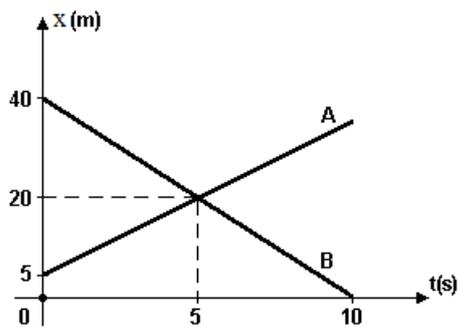
5. (UPF 2014) Dois móveis A e B deslocam-se em uma trajetória retilínea, com velocidades que aumentam de forma progressiva. Considerando que a velocidade inicial de A é menor do que a de B ($v_A < v_B$) e que a velocidade do A aumenta mais rapidamente que a do B analise os gráficos a seguir.



O gráfico que melhor representa as características mencionadas é o:

- a) A.
- b) B.
- c) C.
- d) D.
- e) E.

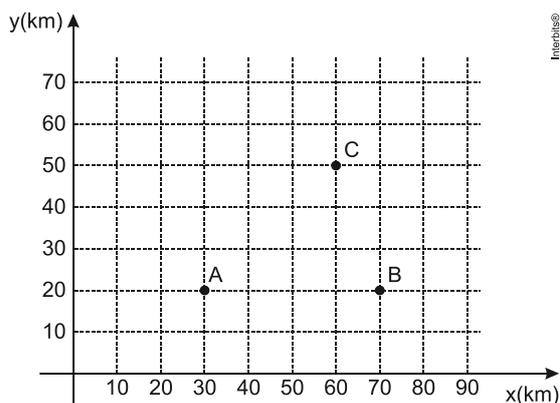
6. (G1 1996 - modificada) Dois objetos A e B movem-se numa mesma trajetória, e o gráfico a seguir indica suas posições (x) em função do tempo (t).



Pelo gráfico podemos afirmar que os objetos

- a) movem-se no mesmo sentido;
- b) movem-se em sentidos opostos;
- c) no instante $t = 0$, encontram-se a 40 m um do outro;
- d) movem-se com a mesma velocidade;
- e) não se encontram.

7. (ENEM 2013) Nos últimos anos, a televisão tem passado por uma verdadeira revolução, em termos de qualidade de imagem, som e interatividade com o telespectador. Essa transformação se deve à conversão do sinal analógico para o sinal digital. Entretanto, muitas cidades ainda não contam com essa nova tecnologia. Buscando levar esses benefícios a três cidades, uma emissora de televisão pretende construir uma nova torre de transmissão, que envie sinal às antenas A, B e C, já existentes nessas cidades. As localizações das antenas estão representadas no plano cartesiano:

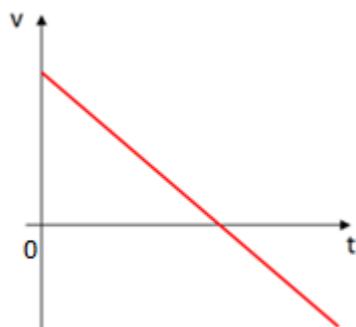


A torre deve estar situada em um local aproximadamente equidistante das três antenas.

O local mais adequado para a construção dessa torre corresponde ao ponto de coordenadas

- a) (65 ; 35).
- b) (65 ; 30).
- c) (45 ; 35).
- d) (50 ; 20).
- e) (50 ; 30).

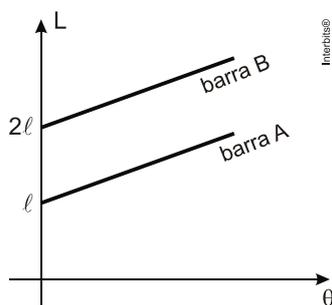
8. O gráfico abaixo indica a velocidade de um automóvel em movimento retilíneo.



Analisando o gráfico podemos afirmar que:

- a) Em nenhum momento o automóvel para.
- b) O automóvel em $t=0$ estava em repouso.
- c) O valor (módulo) da velocidade em nenhum intervalo está diminuindo.
- d) A velocidade inicial do automóvel possui valor negativo.
- e) Em certo momento o automóvel inverte seu movimento.

9. (EPCAr (AFAa) 2013 - modificada) No gráfico a seguir, está representado o comprimento L de duas barras A e B em função da temperatura θ .

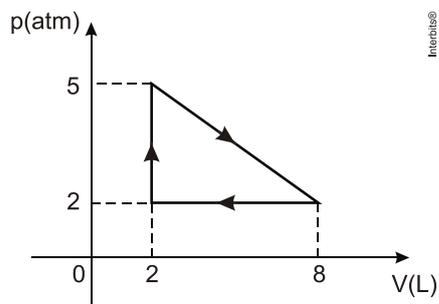


Pode-se afirmar que:

Sabendo-se que as retas que representam os comprimentos da barra A e da barra B são paralelas, pode-se afirmar que:

- a) Para qualquer temperatura indicada no gráfico elas terão a mesma diferença de tamanho.
- b) A barra A possui o dobro do comprimento inicial da barra B.
- c) A taxa com que o comprimento da barra aumenta com temperatura é maior para a barra B do que para a barra A.
- d) Para qualquer temperatura indicada no gráfico a barra A possui comprimento maior do que a barra B.
- e) Tanto a barra A quanto a barra B estão diminuindo de tamanho a medida em que a temperatura aumenta.

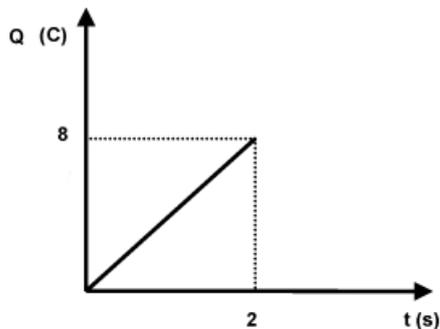
10. (UERN 2012) Considere a transformação cíclica de um gás perfeito representada no gráfico.



Considere que em uma transformação cíclica o trabalho realizado pelo gás (ou sobre o gás) é numericamente igual à área interna ao ciclo no gráfico $P \times V$. Dessa forma, o trabalho da transformação representada pelo gráfico acima, em cada ciclo, é de:

- a) 90 atm.L
- b) 40 atm.L
- c) 18 atm.L
- d) 9 atm.L
- e) 16 atm.L

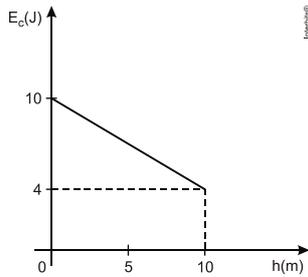
11. O fusível é um dispositivo de proteção para correntes acima do planejado em circuitos eletrônicos. Ele protege o sistema contra sobrecargas. O gráfico abaixo relaciona a carga elétrica que atravessa um condutor em função do tempo. Sabe-se que a relação matemática entre carga elétrica (q) – corrente elétrica (i) – tempo (t) é dada pela expressão: $i = \frac{q}{t}$. Sabe-se ainda que a unidade de medida da corrente elétrica para essa situação é o ampère (A).



Com base nisso, podemos afirmar que:

- a) A corrente elétrica que atravessa o fusível é de 2A.
- b) A corrente elétrica que atravessa o fusível é de 4A.
- c) A corrente elétrica que atravessa o fusível é de 8A.
- d) A corrente elétrica que atravessa o fusível é de 16A.
- e) A corrente elétrica que atravessa o fusível é de 32A.

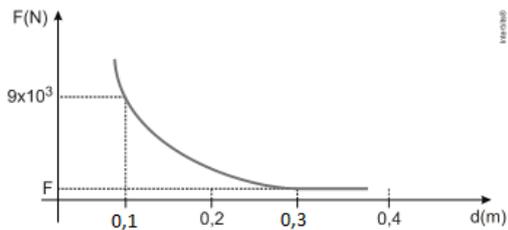
12. (UFPE 2013 - modificada) O gráfico a seguir representa a energia cinética de um pequeno bloco em função da altura. O zero da energia potencial gravitacional é tomado em $h=0$. O bloco se move sobre uma superfície com atrito desprezível, ou seja, ocorre **conservação** de energia mecânica.



Calcule a energia potencial gravitacional máxima do bloco, em joules.

- a) 5J
- b) 4J
- c) 10J
- d) 6J
- e) 0J

13. (UFTM 2012 - modificada) O gráfico abaixo mostra como varia a força de repulsão entre duas cargas elétricas, idênticas e puntiformes, em função da distância d entre elas. Sabe-se que a intensidade da força elétrica é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas.

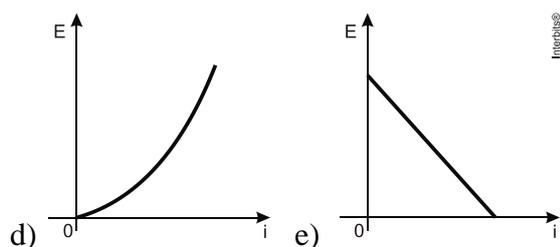
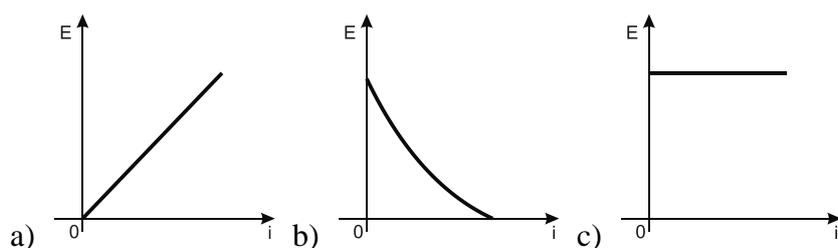


Com base nos dados fornecidos pelo gráfico, o valor da força F vale:

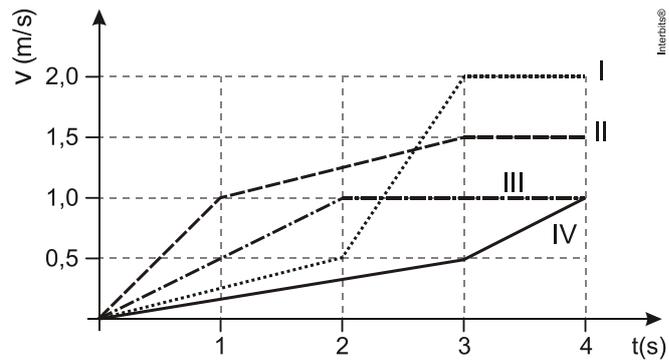
- a) $1 \cdot 10^3$
- b) $3 \cdot 10^3$
- c) $6 \cdot 10^3$
- d) $9 \cdot 10^3$
- e) $81 \cdot 10^3$

14. (ENEM 2012) Existem no mercado chuveiros elétricos de diferentes potências, que apresentam consumos e custos diversos. A potência (P) de um chuveiro elétrico é dada pelo produto entre sua resistência elétrica (R) e o quadrado da corrente elétrica (i) que por ele circula. O consumo de energia elétrica (E) em 5min de uso do chuveiro é diretamente proporcional à potência do aparelho.

Considerando as características apresentadas, qual dos gráficos a seguir representa a relação entre a energia consumida (E) em 5min de uso de um chuveiro elétrico e a corrente elétrica (i) que circula por ele?



15. (UERJ 2015) Em uma pista de competição, quatro carrinhos elétricos, numerados de I a IV, são movimentados de acordo com o gráfico $v \times t$ a seguir.



Sabe-se que em um gráfico $v \times t$ o cálculo da área sob curva é igual ao deslocamento, dessa forma o carrinho que teve o maior deslocamento em 4 segundos foi:

- I
- II
- III
- IV
- não existem dados suficientes para calcular.

Gabarito

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
C	B	D	C	D	B	E	E	A	D	B	D	A	D	B

APÊNDICE C – Planos de aula e material das aulas expositivo-dialogadas

Apresenta-se na sequência o plano de todas as aulas, assim como os *slides* elaborados para as apresentações. O comentário que segue abaixo de cada *slide* é um resumo da intervenção apresentada aos alunos com a detalhada discussão de sua finalidade. Nas aulas de exercícios em aula os alunos são orientados a sentarem em grupos para trabalharem em aula. O professor circula por entre os grupos para esclarecer possíveis dúvidas apresentadas pelos alunos.

1. Aula de gráficos

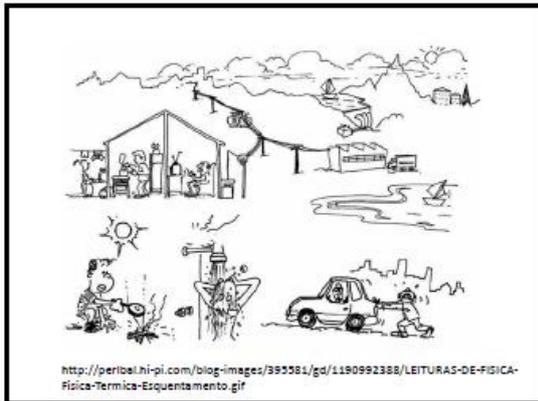
Conteúdo: Gráficos

Tempo previsto para o tópico: uma hora-aula

Objetivo: demonstrar as vantagens do uso de representações gráficas no dia a dia e no estudo das ciências; encantar os alunos mostrando diversas possibilidades e recursos que a análise gráfica oferece; dar uma visão panorâmica do conteúdo de física que deverá ser explorado nas próximas aulas.

Materiais necessários: Projetor de imagens, acesso à *internet*.

Dinâmica em sala de aula: Apresentação do conteúdo da aula conforme os *slides* das Figuras C.1, C.2 e C.3. Para cada *slide* prevê-se uma intervenção expositivo-dialogada ou a apresentação de um vídeo e debate com os alunos. Ao final da primeira aula entrega-se aos alunos para ser trabalhado em casa o texto *O Calor: do uso coloquial ao científico* (Apêndice B) junto com a lista de exercícios a respeito do texto. A correção das questões a respeito do texto é feita com os alunos na segunda aula, em que se aborda o tópico de Termometria.



(a)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA

Desenvolvimento da habilidade de leitura e interpretação de gráficos por meio do estudo de calorimetria

Gabriel Schabbach Schneider
Orientação: Eliane Veit e Fernando Lang da Silveira

(b)

O funcionamento de uma máquina térmica

(c)

A centelha da lâ de aço

(d)

O que há de comum?

Escrita Hieroglífica

t (h)	V (km/h)
0	0
1	2
2	4
3	8
4	8
5	10
6	12
7	14

Tabela

Escrita Romana

Jornal Zero Hora

Gráfico

Outdoor

(e)

t (h)	T (°C)
0	19
12	29
24	21
36	31
48	22
60	30
72	22
84	30
96	21
108	30
120	21
132	29
144	21
160	29

Esta tabela apresenta a temperatura mínima e máxima registradas na cidade de Porto Alegre em função do tempo.

Como varia a temperatura em função do tempo?

(f)

Figura C.1 - Panorama geral do conteúdo abordado no módulo didático.

O *slide* da Figura C.1.a tem como finalidade chamar atenção dos alunos quanto ao que é estudado no conteúdo de termologia. Na imagem aparecem diversas situações que envolvem conceitos de energia. A imagem é exibida ao iniciar a aula enquanto o professor organiza seu material. O objetivo desse momento é o de gerar curiosidade nos alunos. Ao iniciar a exposição do conteúdo apresentado, é debatido com os alunos o que aparece nas imagens.

O vídeo do *slide* da Figura C.1.c¹⁵ apresenta o funcionamento de uma máquina térmica que transforma a energia química liberada durante a combustão em energia térmica, aquecendo e vaporizando a água. O vapor pressurizado é liberado pelo orifício da tampa e impulsiona uma ventoinha, transformando a energia térmica em mecânica.

O vídeo do *slide* da Figura C.1.d¹⁶ ilustra a diferença entre temperatura e capacidade térmica. Apesar de ser altíssima a temperatura da palha de lã incandescente, ao tocar na pele nada acontece. Isso ocorre porque, mesmo com alta temperatura, a quantidade de energia possível de ser trocada pela palha ao se resfriar em contato com a pele é pequena e não provoca queimaduras.

A Figura C.1.e tem como objetivo discutir de forma geral a importância da comunicação e como o uso da escrita e de ferramentas gráficas contribuiu para o desenvolvimento da humanidade. Os alunos são conduzidos a iniciarem um debate sobre a representação gráfica dentro das ciências, da matemática e no uso diário em jornais e revistas, por exemplo.

Na Figura C.1.f é questionado o que essa tabela de dados pode representar e se teria alguma possibilidade mais interessante de representar aqueles dados. São disponibilizados dois minutos para os alunos pensarem. Esse momento é importante porque surgem ideias. É provável que apareça uma quantidade significativa de alunos sugerindo o uso de gráficos, já que no *slide* anterior discute-se essa questão.

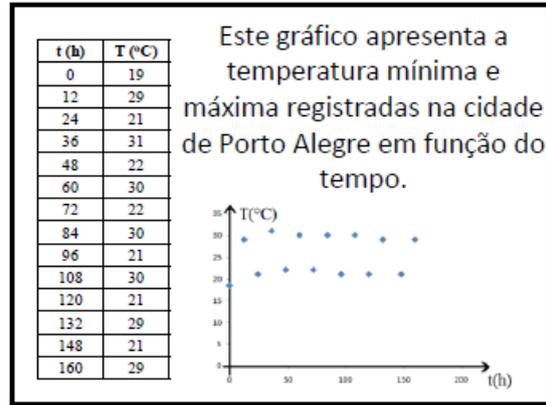
¹⁵ Disponível no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=M7MUrUXwAVU>. Acessado em 07/09/2016.

¹⁶ Disponível no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=PtYMZzpnIMk>. Acessado em 07/09/2016.

t (h)	T (°C)
0	19
12	29
24	21
36	31
48	22
60	30
72	22
84	30
96	21
108	30
120	21
132	29
148	21
160	29

De que outra forma podemos expressar essa informação?

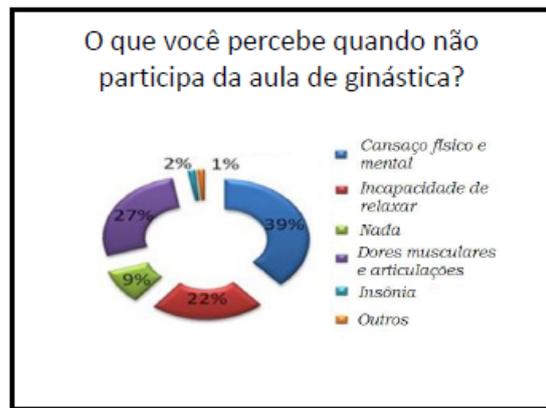
(a)



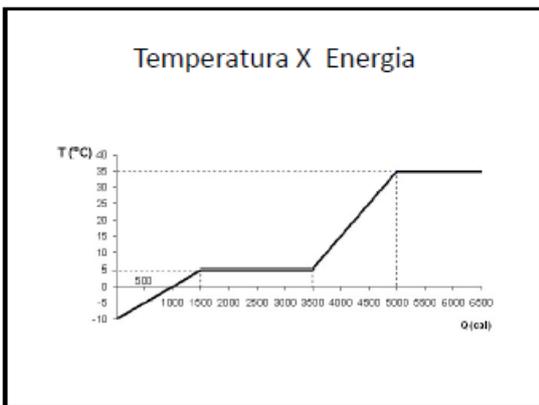
(b)



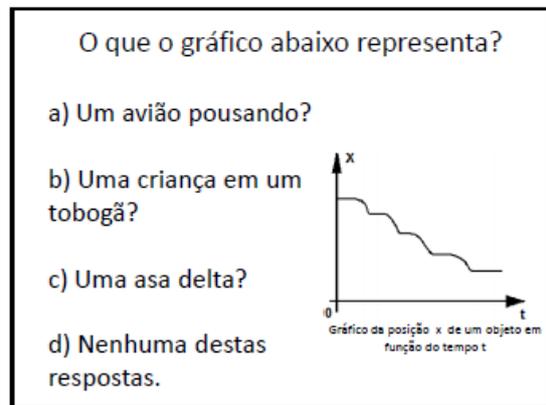
(c)



(d)



(e)



(f)

Figura C.2: Questionamento a respeito dos gráficos.

As figuras C.2.a e C.2.b dão continuidade à discussão a respeito do que os valores da tabela representam. O tema central desse debate é o que acontece com a temperatura com o

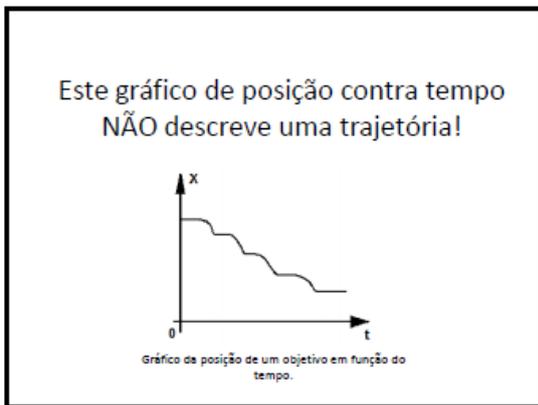
passar do tempo, apresentando o sistema em que oscilações de temperatura desse tipo são possíveis. No caso desse exemplo o gráfico representa a temperatura mínima e máxima registrada na cidade de Porto Alegre no mês de fevereiro de 2015.

Na Figura C.2.c o objetivo é discutir/problematizar com os alunos a variação da média de público presente no estádio de futebol. Outro ponto importante é chamar atenção que nesse gráfico a quantidade de torcedores é indicada no próprio ponto correspondente ao ano (diferente quando utilizado os eixos do plano cartesiano como referência) e ainda problematizar a “linha de tendência” criada pelo autor do gráfico. Afinal, o que esta linha pode representar?

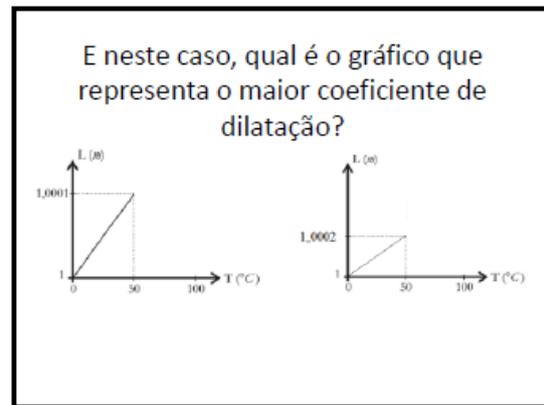
A Figura C.2.d apresenta aos alunos o gráfico “pizza”. Aconselha-se debater com os alunos em quais casos esse tipo de gráfico é mais adequado. O gráfico tipo pizza é mais bem utilizado quando o autor do gráfico, além de demonstrar dados, quer passar para o leitor uma informação geral expressando uma noção global do quanto cada valor expresso representa do montante. Não sendo indicado, por exemplo, para representar quantidades físicas.

A Figura C.2.e apresenta aos alunos a relação do aquecimento/mudança de fase frente em uma curva de aquecimento idealizada. Nesse momento é importante ressaltar que essa curva é uma aproximação da curva real.

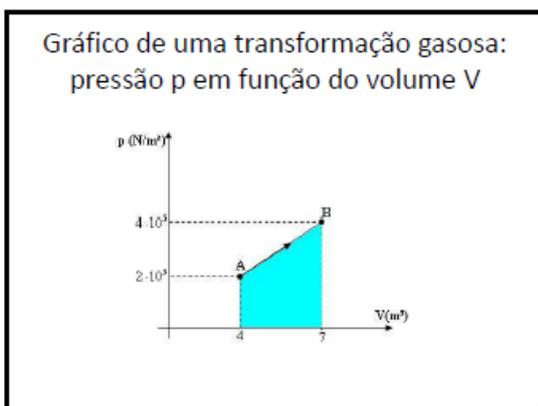
A Figura C.2.f é de grande interessante à medida que pode ser utilizado para debater a relação entre as grandezas físicas expressas nos eixos. É comum os alunos confundirem a trajetória espacial de um objeto com o respectivo gráfico que descreveria a posição em função do tempo. Ao apresentar o *slide* deixar dois minutos para os alunos pensarem.



(a)



(b)



(c)

Figura C.3: Gráficos diversos exemplificando o uso de gráficos na Física.

A abordagem da Figura C.3.a é uma continuidade da discussão do gráfico anterior e deve deixar claro que esse gráfico não representa a trajetória espacial do movimento, pois no eixo das abscissas é representada a variável tempo. Logo, o gráfico não descreve a altura em função da distância horizontal que ele percorre, com muitos alunos podem pensar.

Na Figura C.3.b apresenta-se uma comparação entre dois gráficos que representam as mesmas grandezas, mas em escalas diferentes. O propósito é justamente questionar os alunos quanto à escala utilizada. Percebe-se que apesar do gráfico à esquerda aparentemente ser maior, o valor de L representado é menor.

Na Figura C.3.c é discutido o significado da área entre a curva e o eixo do volume que caracteriza a transformação gasosa e em quais situações a área entre a curva e o eixo das abscissas indicará uma grandeza Física.

2. Aula de Termometria

Conteúdo: Termometria

Tempo prevista para o tópico: três horas-aula.

Objetivo: compreender o contexto histórico da temperatura; diferenciar medições em diferentes escalas termométricas; estabelecer graficamente a relação entre diferentes escalas termométricas.

Materiais necessários: Projetor de imagens, acesso à *internet*.

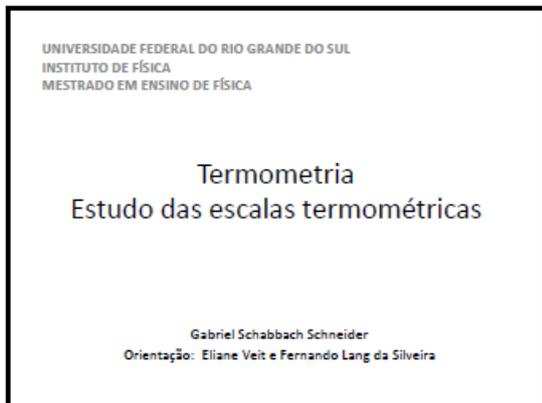
Dinâmica em sala de aula: A primeira aula inicia-se com a correção das atividades do texto *O Calor: do uso coloquial ao científico* (Erro! Fonte de referência não encontrada.A), debatendo com os alunos possíveis dúvidas. Em uma hora aula apresenta-se o conteúdo de aula conforme os *slides* das Figuras C.4 e Figura C.5. Para cada *slide* prevê-se uma intervenção didática expositivo-dialogada. Ao final da exposição no quadro, entrega-se a lista de exercícios (Apêndice E.1) que deve ser inicialmente trabalhada em aula, terminada em casa e corrigida na próxima aula. Recomenda-se que para resolver a lista o aluno deve usar os apontamentos de aula e o texto *O Calor: do uso coloquial ao científico*. Na última aula desse tópico é feita a correção da lista de exercícios.

Tempo previsto	15 min.	i) correção dos exercícios do texto O calor: do uso coloquial ao científico. As questões são respondidas com base no texto. A correção é feita de forma expositivo–dialogada com os alunos. Na questão seis debate-se com os alunos o funcionamento de um refrigerador.
	30 min.	ii) relações entre as escalas termométricas conhecidas (kelvin, celsius e fahrenheit)
	20 min.	iii) relações entre escalas quaisquer.
	40 min.	vi) resolução de exercícios
	30 min.	v) continuidade da resolução dos exercícios da lista sobre escalas termométricas com discussão das dúvidas no quadro.

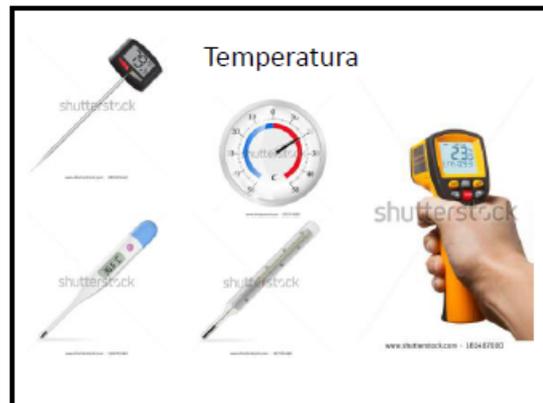
Em ambos os momentos são apresentados aos alunos o gráfico correspondente à relação termométrica apresentada. Ao final da explanação, entrega-se aos alunos uma lista de

exercícios sobre escalas termométricas (Apêndice E.1). A resolução da lista deve ser iniciada em aula e finalizada na próxima aula.

Sugestão de intervenção apresentada aos alunos - Termometria



(a)



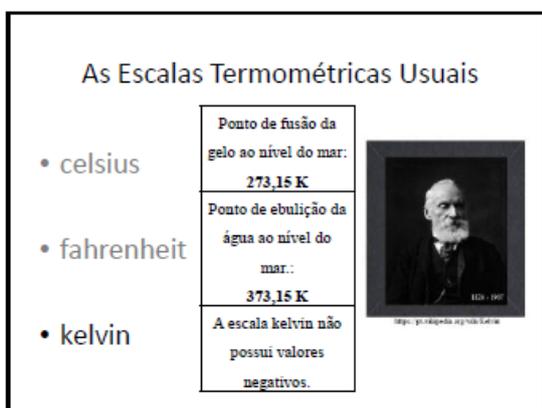
(b)



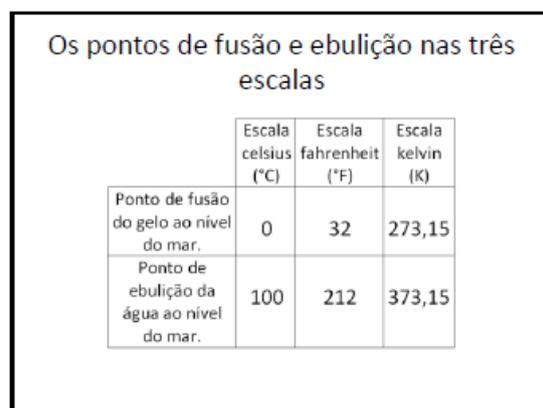
(c)



(d)



(e)



(f)

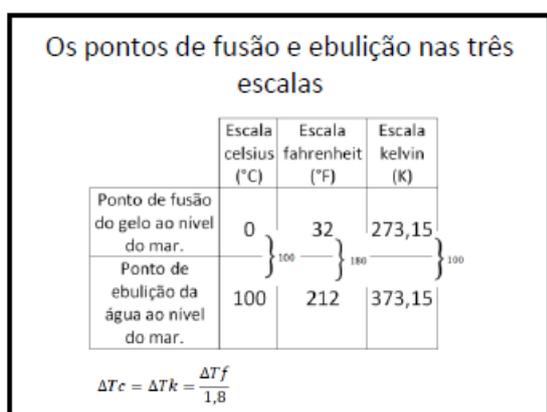
Figura C.4: Escalas termométricas: celsius, fahrenheit e kelvin; diferença entre os pontos de fusão e ebulição.

Iniciar a aula com um debate sobre a Teoria Cinética da Matéria remetendo ao texto **O Calor: do uso coloquial ao científico**. A Figura C.4.b apresenta a imagem de alguns termômetros. Indica-se que o professor leve alguns termômetros para os alunos conhecerem. A Figura C.4.c apresenta algumas curiosidades: a escala celsius, quando inicialmente criada tinha seus valores invertidos (100°C era o ponto de fusão do gelo a 1 atm e 0°C a ebulição da água a 1 atm). A escala foi invertida em 1747. O termo original para indicar a temperatura na escala era o grau centésimo ou grau centígrado (por vezes ainda hoje utilizado). A correspondente nomenclatura foi substituída por grau celsius em 1948 (a data recente justifica por ainda perdurar o termo centígrado).

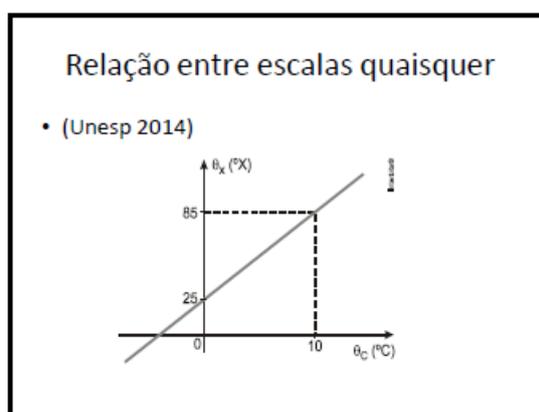
A Figura C.4.d apresenta algumas curiosidades: a escala fahrenheit inicialmente foi muito utilizada em muitos países de língua inglesa, mas atualmente é pouco utilizada. Seu uso é interessante em países no qual a temperatura média é baixa, pois o 0°F corresponde a -17,7°C. Na área da saúde uma pessoa é diagnosticada com febre quando a temperatura atinge os 100°F sendo usual a indicação médica de que a temperatura atingiu os três dígitos.

A Figura C.4.e salienta que na escala kelvin não existem indicações de temperatura negativa (por isso chamada de absoluta) e a temperatura mínima (de fato inatingível) que um corpo pode atingir é o zero kelvin. O nome do Lord Kelvin é William Thomson. A escala kelvin já foi indicada utilizando o °K.

A Figura C.4.f apresenta dados úteis para fazer a dedução da equação de conversão e a demonstração do gráfico que relaciona a temperatura em cada uma das equações de conversão.



(a)



(b)

Figura C.5: Diferença entre os pontos de fusão e ebulição, exemplo da relação matemática de uma escala qualquer.

Na Figura C.5.a, após a obtenção das três equações de conversão com os respectivos gráficos que as representam (com a escala kelvin no eixo das abscissas), debate-se com os alunos a diferença entre temperatura e variação de temperatura. É importante que essa diferença fique clara, pois existe uma quantidade significativa de alunos que confundem os dois conceitos.

Ao projetar o *slide* da Figura C.5.b propõe-se aos alunos que encontrem a relação matemática entre uma escala arbitrária x e a escala celsius. Após alguns minutos corrige-se o problema no quadro e entrega-se a lista de exercícios (Apêndice E.1).

3. Aula prática de calorimetria – curva de resfriamento

Conteúdo: Calorimetria – construindo a curva de resfriamento da água

Tempo previsto para o tópico: três horas-aula

Objetivos gerais: Oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações. Apresentar ao aluno, mesmo que de forma indireta, importantes conceitos de calorimetria tais como potência e capacidade térmica. Familiarizar os alunos com a terminologia e conceitos pertencentes à calorimetria.

Objetivos específicos: Ler, interpretar e organizar dados em uma tabela identificando as variáveis (condições iniciais e grandezas variáveis), construir o gráfico da temperatura da amostra em função do tempo identificando que a variação de temperatura não é linear. Comparar os gráficos criados pelo seu grupo com o gráfico em diferentes situações de condições iniciais.

Dinâmica em sala de aula: Das três horas-aula destinadas à prática experimental a respeito da curva de resfriamento, duas horas-aula são para realizar o experimento sobre a ***Curva de Resfriamento***. Na terceira hora-aula destinada ao tópico corrige-se o relatório. Para a correção apresentam-se em forma de *slides*, alguns exemplos de relatórios que apresentarem problemas e outros mostrando bons exemplos. São debatidas com os alunos dúvidas remanescente sobre o relatório. Ao final da aula entrega-se aos alunos a lista de exercícios (Apêndice E.2) que, acompanhada da visualização de dois vídeos, servirá como base introdutória para tópico de calorimetria.

Materiais

- Termômetro;
- aquecedor de água;
- vidro de becker ou copo comum (caso não tenha o becker);
- cronômetro (pode ser o cronômetro do celular);
- papel milimetrado ou folha que segue junto ao roteiro.



Figura C.6: Materiais necessários para o experimento: cronômetro, vidro Becker, aquecedor elétrico e termômetro.

Procedimento: o planejamento inicial do procedimento de marcação da temperatura ficará sob a responsabilidade de cada grupo. Ao explicar o experimento, o professor explica a respeito do que será trabalhado em cada uma das aulas práticas. O grupo se organiza conforme procedimento próprio, que deverá ser escrito e apresentado para o professor antes do início do experimento. Com isso busca-se evitar os roteiros experimentais excessivamente comportamentalistas.

Coletas de dados

Os alunos recebem um roteiro acompanhado de uma tabela e plano cartesiano, facilitando a realização e análise da prática experimental. O material instrucional encontra-se no Apêndice D.

Junto com o vidro becker cada grupo recebe uma porção de água aquecida do professor que o orienta com a primeira leitura da temperatura. Ao anotar o valor da temperatura inicial na tabela e receber o becker com água aquecida, o aluno é orientado a ligar o cronômetro e marcar na tabela a temperatura conforme o tempo planejado pelo grupo.

Para coletar os dados da prática experimental os alunos devem proceder da seguinte maneira. Conforme o tempo de medição que foi planejado pelo grupo, os alunos anotam o respectivo valor na tabela que segue junto ao relatório. Ao finalizar a primeira parte, os alunos recebem outra amostra de água com diferente massa cuja condição inicial de temperatura se aproxima da primeira medição. Nessa amostra, os alunos devem fazer a medição da temperatura inicial e ligar o cronômetro espontaneamente. Caso esqueçam, eles devem ser auxiliados no procedimento.

No relatório é solicitada a informação sobre massa de água utilizada. É importante lembrar ao aluno que massa é diferente de volume. O vidro becker informa a quantidade de volume constante no frasco. Mostrar ao aluno a equação da densidade e auxiliá-los a calcular a massa sabendo que a densidade é de $1,0 \text{ g/cm}^3$.

Análise de dados

No relatório é pedido ao aluno para que marque os pontos da temperatura em função do tempo. Algumas dúvidas surgem tais como a escala a ser utilizada ou em qual eixo se deve usar tal grandeza. É oportuno deixar que os alunos escolham como proceder na montagem do gráfico e também orientar os alunos que eles não devem ligar os pontos marcados no gráfico.

Com todos os pontos marcados, oriente os alunos a traçar uma curva suave que siga a tendência dos dados, o mais próximo possível dos dados. A linha de tendência ajuda a identificar o comportamento da temperatura com o passar do tempo.

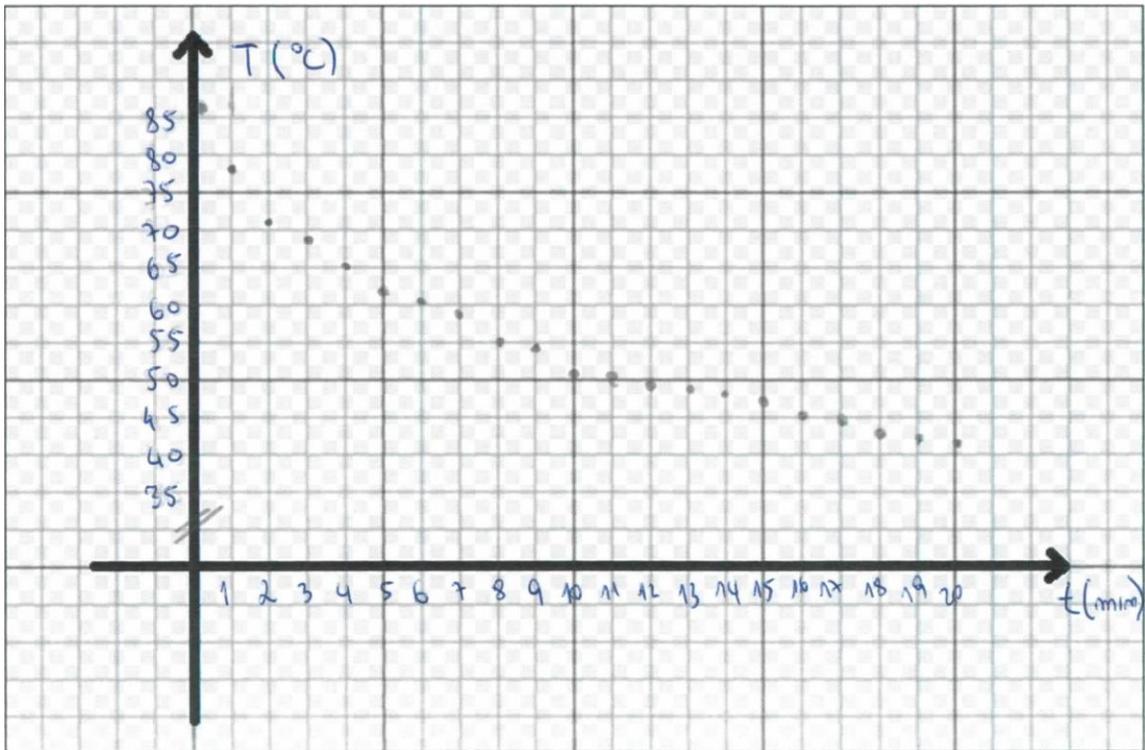


Figura C.7: Curva de resfriamento da água: Exemplo de um gráfico de um aluno.

Após finalizar a marcação do primeiro gráfico o aluno deve repetir o procedimento para o segundo gráfico e obter uma representação similar a da Figura C.8.

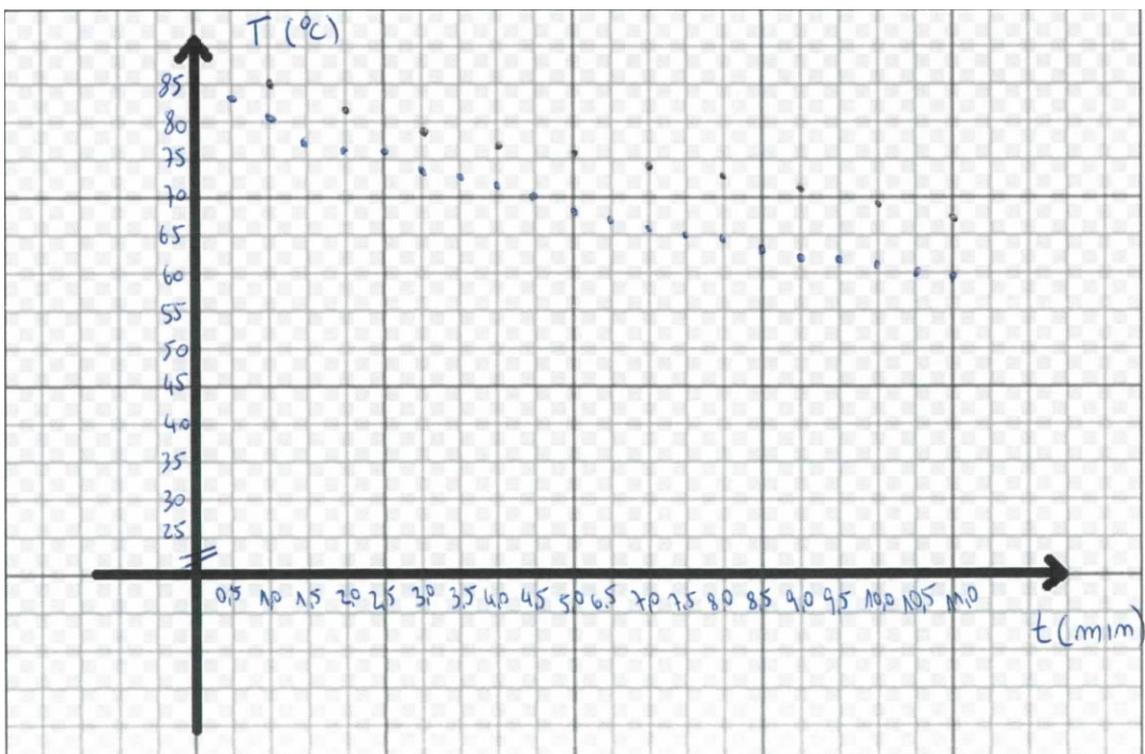


Figura C.8: Curva de resfriamento de duas amostras da água – Exemplo de um aluno.

A partir dos gráficos traçados, os alunos respondem a uma série de perguntas que compõem o relatório.

4. Aula de calorimetria

Conteúdo: Calorimetria– calor sensível e calor latente

Tempo previsto para o tópico: cinco horas-aula

Objetivo: compreender os conceitos da calorimetria; oportunizar a reflexão sobre o resfriamento dos corpos comparando a curva de resfriamento em diversas situações; familiarizar os alunos palavras e conceitos pertencentes à calorimetria.

Materiais necessários: projetor de imagens, acesso à *internet*, lista de exercícios.

Dinâmica em sala de aula: Recolher a lista de questões entregue aos alunos na aula anterior e que foram respondidas em casa a respeito das correntes de convecção e do calor específico da água. A primeira hora da aula destina-se a terminar a correção do relatório e retirar possíveis dúvidas ainda existentes. Na segunda e terceira hora-aula apresenta-se o conteúdo de aula conforme os *slides* das figuras C.9 e C.10. Para cada *slide* prevê-se uma intervenção didática expositivo-dialogada. Ao final da exposição no quadro, entrega-se a lista de exercícios de calorimetria (Apêndice E.3) que deve ser inicialmente trabalhada em aula e finalizada em casa. Na quarta hora-aula do tópico corrige-se a lista de questões sobre as correntes de convecção e o calor específico da água, entregue ao final da aula de experimental. A correção deve ser feita à luz da aula sobre calor sensível e latente. Dessa forma, faz-se uma reconciliação do que foi aprendido com o que é apresentado nos vídeos e nas perguntas. Na última hora-aula desse tópico corrige-se a lista de atividades de calorimetria.

Tempo
previsto

- | | |
|---------|---|
| 45 min. | i) correção dos exercícios relativos à prática experimental. |
| 45 min. | ii) Aula expositivo-dialogada a respeito do calor sensível, capacidade térmica e calor latente. |
| 45 min. | iii) Aula expositivo-dialogada a respeito do calor sensível, capacidade térmica e calor latente. |
| 30 min. | iv) Correção da atividade - Lista de exercícios do vídeo correntes de convecção e calor específico da água e do óleo. |
| 60 min. | v) Resolução de exercícios com o auxílio do professor. |

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA

Calor Sensível e Calor Latente

Gabriel Schabbach Schneider
Orientação: Eliane Veit e Fernando Lang da Silveira

(a)

A não proteção contra as faíscas.



<http://img.olx.com.br/images/02/022308029906666.jpg>

(b)

Em Copacabana, temperatura da areia chega a 48,7°C



<http://extra.globo.com/noticias/rio/em-copacabana-temperatura-da-areia-chege-487c-379562.html>

(c)

Aquecimento e mudança de fase

- No aquecimento ou resfriamento ocorre uma mudança no estado de vibração da matéria.
- Na mudança de fase ocorre uma mudança no estado de agregação da matéria.

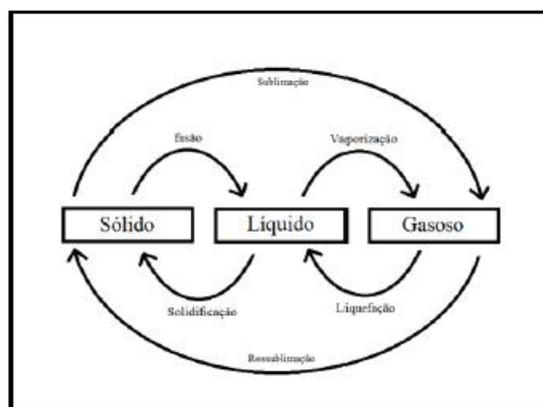
(d)

A panela esquecida no fogão.



www.shutterstock.com - 376769767

(e)



(f)

Figura C.9: Diferença entre aquecimento e mudança de fase; calor específico, capacidade térmica e calor latente, processos de mudança de fase.

O objetivo da Figura C.9.b é o de debater a diferença entre temperatura e a quantidade de energia transferida pelas faíscas quando em contato com a pele, introduzindo o conceito

de capacidade térmica. Nesse *slide* cabe exemplificar, por exemplo, que o óleo fervente provoca queimaduras mesmo estando em menor temperatura.

A Figura C.9.c ilustra o baixo calor específico da areia que demanda uma quantidade menor de energia para sofrer maior variação de temperatura quando comparada com a água do mar. Este é um importante momento para questionar/introduzir o conceito de calor específico.

A Figura C.9.e apresenta um questionamento. É de conhecimento dos alunos que ao quando a água começa a ferver, leva uma quantidade significativa de tempo para a água vaporizar completamente. No geral eles sabem que ela leva muito mais tempo vaporizando do que aquecendo. Utilizar esse conhecimento prévio para debater com eles o conceito de calor específico, capacidade térmica e calor latente é importante por dar significado àquilo que eles já têm estabelecido.

Na Figura C.9.f retoma-se com os alunos os processos de mudança de fase e é discutido o seguinte exemplo: uma porção de gelo a -10°C precisa aquecer, fundir, aquecer, vaporizar e aquecer novamente se quisermos ter vapor a 120°C . Dessa forma a o gelo passa por processos de aquecimento e mudança de fase e a quantidade de energia envolvida é a soma da quantidade de energia envolvida em cada etapa do processo.

Calor Sensível X Calor Latente

Calor Sensível	Calor Latente
<ul style="list-style-type: none"> • Ocorre variação de temperatura. • Mudança na agitação térmica dos átomos que compõem o corpo. <p style="text-align: center;">$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Não ocorre mudança de temperatura. Enquanto a substância muda de fase a temperatura permanece constante. • Mudança no estado de agregação da matéria. <p style="text-align: center;">$Q = m \cdot L$</p>

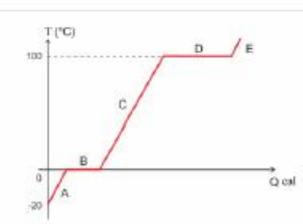
(a)

Ao ligar uma resistência elétrica, qual aquece mais rapidamente?




(b)

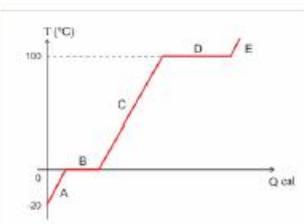
Em qual(is) fase(s) da transformação abaixo existe água líquida presente?



a) C
b) BC
c) BCD
d) BCDE
e) ABCDE

(c)

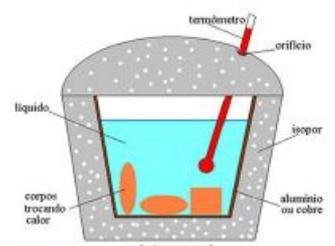
Em qual(is) fase(s) da transformação abaixo existe água vaporizando?



a) C
b) BC
c) BCD
d) BCDE
e) ABCDE

(d)

Calorímetro usual.



<http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/imagens/Esquema%20de%20um%20calorimetro.jpg>

(e)

Figura C.10: Curva de aquecimento. Calor Específico e Calor Latente, Calorímetro.

A Figura C.10.a apresenta as unidades de medida a serem adotadas assim como cada uma das grandezas relacionadas ao calor sensível e ao calor latente.

Na Figura C.10.b debate-se com os alunos o conceito de capacidade térmica. Os alunos são questionados quanto à quantidade de energia necessária para aquecer um copo de água e um lago. Dessa forma pode-se exemplificar que a capacidade térmica está ligada não só a substância (nesse caso água), mas também com a quantidade de matéria. Apresente no quadro branco a equação para calcular a capacidade térmica e a relação entre a capacidade térmica e o calor específico.

Os *slides* das Figuras C.10.c e C.10.d são projetados e debatidos com os alunos que tipos de as transformações físicas estão representadas no gráfico. Após essa interação é perguntado aos alunos a resposta correta para a pergunta que segue junto ao *slide*. Para responder, os alunos recebem uma cédula posteriormente entregue ao professor. A cédula não terá a identificação do aluno e logo após o recolhimento das cédulas a questão será corrigida no quadro.

Na pergunta da Figura C.10.c a resposta correta é letra *C* e no questionamento presente na Figura C.10.d a resposta correta é letra *E*. O objetivo dessa pergunta, que foi inspirada no método *Peer Instruction* (ARAUJO, MAZUR, 2013) é o de incentivar a interação e a discussão entre os alunos além de criar um banco de dados sobre conhecimentos prévios que poderá ser utilizado no futuro.

Na Figura C.10.e é apresentado e debatido a função de isolamento do calorímetro.

5. Aula de potência térmica

Conteúdo abordado: Potência térmica

Tempo prevista para o tópico: quatro horas-aula.

Objetivo: compreender o conceito de potência térmica; familiarizar os alunos com as unidades de medida de potência.

Materiais necessários: projetor de imagens, duas latas de refrigerante, plástico filme de cozinha, gelo, água, termômetro, recipiente com tampa (pote de sorvete de 2l), lista de exercícios.

Dinâmica em sala de aula: Nas duas primeiras horas-aula desse tópico apresenta-se o conteúdo de aula conforme os *slides* das figuras C.11 e C.12. Para cada *slide* prevê-se uma intervenção didática expositivo-dialogada. Ao final da exposição no quadro, entrega-se a lista de exercícios (Apêndice E.4) que deve ser trabalhada em aula e em casa. Na terceira aula reproduz-se, de forma demonstrativa, o experimento em duas situações diferentes: na primeira, coloca-se uma lata de refrigerante revestida com duas camadas de plástico filme em banho-maria na mistura água e gelo, agita-se por dois minutos e verifica-se a temperatura do refrigerante. Logo após, com outra lata, é realizado o mesmo experimento com várias camadas de plástico filme. Com as temperaturas de cada experimento calcula-se a potência média para cada situação e discute-se porque o refrigerante resfria tão rapidamente.

A quarta hora-aula do tópico destina-se a correção da lista de exercícios.

Tempo previsto	90 min.	i) apresentação do conteúdo de potência térmica.
	45 min.	ii) experimento a respeito da corrente de convecção forçada.
	45 min.	iii) correção dos exercícios..



(a)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA

Potência térmica

Gabriel Schabbach Schneider
 Orientação: Eliane Veit e Fernando Lang da Silveira

(b)

Potência Mecânica

(c)

Exemplo

Uma litro de água é aquecida por um aquecedor elétrico de 800W. Sabendo que a temperatura inicial da amostra é de 10°C, estime o tempo mínimo para que ela atinja a temperatura de 60°C.

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

(d)

Clique para assistir

<http://www.craftbeertime.com/wp-content/uploads/2014/02/SpinChill-500x375.jpg?e1f92f>

(e)

Unidades de medida

No S.I.	1,0 W = 1,0 J/s	1,0 kW = 1000J/s
Usual	1,0 cal/s = 4,2 J/s	

PROCESSOS DE VAPORIZAÇÃO

Ebulição	Evaporação
<ul style="list-style-type: none"> •É caracterizado pela formação de bolhas no interior do líquido. •Ao nível do mar ocorre a 100 °C. 	<ul style="list-style-type: none"> •Ocorre na interface de separação do líquido com o ar. •Ocorre em qualquer temperatura.

(f)

Figura C.11: Conceito de potência, correntes de convecção forçada.

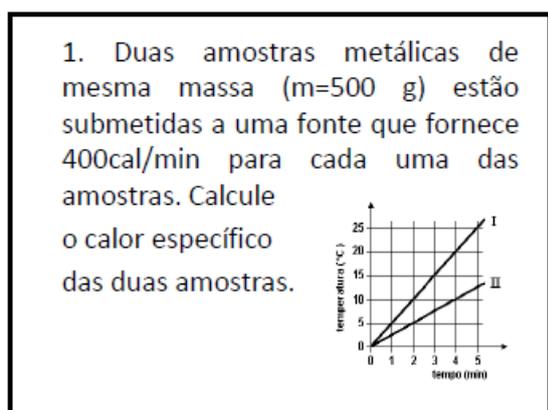
A Figura C.11.a é projetado enquanto os alunos entram na sala. O objetivo é debater que a energia transferida para o corpo ou a energia retirada do corpo depende da fonte que está fornecendo/retirando energia.

A Figura C.11.c apresenta um exemplo a respeito da diferença entre dois carros com diferentes potências mecânicas. É importante debater com os alunos a diferença em termos de potência entre os dois carros já que existe uma grande possibilidade de que o aluno tenha certo conhecimento a respeito da potência mecânica.

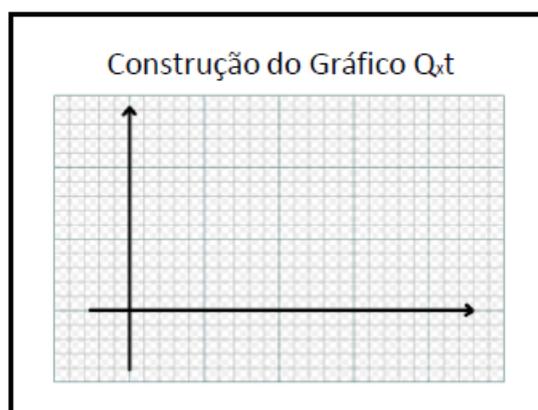
A Figura C.11.d apresenta a definição de potência: medida da quantidade de energia transferida por unidade de tempo e diferenciado para os alunos que os processos de calor e trabalho.

A Figura C.11.e apresenta uma imagem de um aparelho utilizado para gelar líquidos rapidamente. Esse aparelho opera forçando as correntes de convecção do líquido, acelerando o processo de resfriamento. A discussão a respeito do funcionamento desse aparelho encontra-se em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=1056>. Após esse momento com os alunos, realiza-se de forma demonstrativa uma experiência similar à constante no vídeo presente no *slide*.

Na Figura C.11.f é exposta a unidade de medida do sistema internacional e é debatido com os alunos a conversão entre a unidade do sistema internacional e outras como cal/min, cal/s etc.



(a)



(b)

Figura C.12: Exemplos de potência térmica.

A Figura C.12.a apresenta um exemplo a ser resolvido junto com os alunos.

A Figura C.12.b apresenta a seguinte proposta: Os alunos são orientados a desenvolverem um gráfico que relacione a quantidade de energia transferida para o ar no

experimento do tópico 3. O objetivo desse gráfico é novamente demonstrar que a taxa de transferência de energia para o meio externo não é constante e, na área dos gráficos o objetivo é o de tornar a construção de gráficos algo familiar para o aluno.

6. Aula prática de calorimetria- equilíbrio térmico

Conteúdo abordado: Aula prática – equilíbrio térmico

Tempo prevista para o tópico: duas horas-aula

Objetivos gerais: Oportunizar reflexão sobre misturas térmicas. Introduzir, mesmo que de forma indireta, importantes conceitos de calorimetria tais como capacidade e mistura térmica.

Objetivos específicos: Ler, interpretar e organizar dados em uma tabela identificando as variáveis (condições iniciais e grandezas variáveis), construir o gráfico da temperatura da amostra em função do tempo identificando que a variação de temperatura não é proporcional à variação de tempo e que a temperatura final da mistura é a mesma para os materiais.

Dinâmica em sala de aula: Para o tópico destina-se duas horas-aula. Uma delas é destinadas ao experimento sobre a *equilíbrio térmico*. Na segunda hora-aula corrige-se o relatório. Para a correção, inspirados no método Peer Instruction (ARAUJO, MAZUR, 2013), apresentam-se em forma de *slides*, alguns exemplos de relatórios com problemas e outros mostrando bons exemplos. São debatidas com os alunos dúvidas remanescentes sobre o relatório.

Tempo previsto	45 min.	i) experimento sobre mistura térmica. ii) correção do relatório.
	45 min.	

Materiais

- Termômetro;
- alumínio a ser aquecido;
- aquecedor de água;
- vidro de becker ou copo comum (caso não tenha o becker);

- cronômetro (pode ser o cronômetro do celular);
- papel milimetrado ou folha que segue junto ao roteiro.



Figura 5: Materiais necessários para o experimento: cronômetro, vidro Becker, aquecedor elétrico, pedaços de alumínio e termômetro.

Procedimento

Da mesma forma que se procedeu no experimento sobre a curva de resfriamento, os alunos planejam previamente o tempo no qual fazem a medição da temperatura da água.

Coletas de dados

Os alunos recebem um roteiro acompanhado de uma tabela e plano cartesiano, facilitando a realização e análise da prática experimental. O material instrucional encontra-se no Apêndice D.

Junto com o vidro becker o aluno recebe uma porção de água de massa conhecida e a temperatura ambiente, no qual o professor orienta a primeira leitura do termômetro. Ao anotar o valor da temperatura inicial na tabela e receber o becker com água o aluno é orientado a ligar o cronômetro e, ao mesmo tempo, colocar a peça metálica aquecida dentro da água, marcando na tabela a temperatura conforme o tempo planejado pelo grupo. Para aquecer a peça de alumínio aconselha-se deixá-la em banho-maria dentro de uma segunda porção de água aquecida.

Para coletar os dados da prática experimental os alunos devem proceder da maneira que segue. Conforme o tempo de medição planejado pelo grupo, os alunos anotam o respectivo valor na tabela anexa ao relatório. Ao finalizar a medição, os alunos são orientados a marcar no gráfico os valores de temperatura da água e o tempo. Sabendo o aumento de temperatura da água e o calor específico e a massa da amostra de alumínio, calcula-se a temperatura da amostra metálica e anota-se no gráfico.

Deve-se tomar o cuidado para que a temperatura de equilíbrio térmico não seja muito maior do que a temperatura ambiente para minimizar as perdas de energia. Ao final do experimento os alunos devem responder às questões presentes no roteiro de atividades.

Análise de dados

No relatório é pedido ao aluno que indique a temperatura em função do tempo. Algumas dúvidas surgem tais como a escala a ser utilizada ou em qual eixo devo usar tal grandeza. É oportuno deixar os alunos escolher como proceder na montagem do gráfico. Orientar aos alunos que eles não devem ligar os pontos marcados no gráfico. A Figura 6 apresenta um exemplo do gráfico a ser obtido.

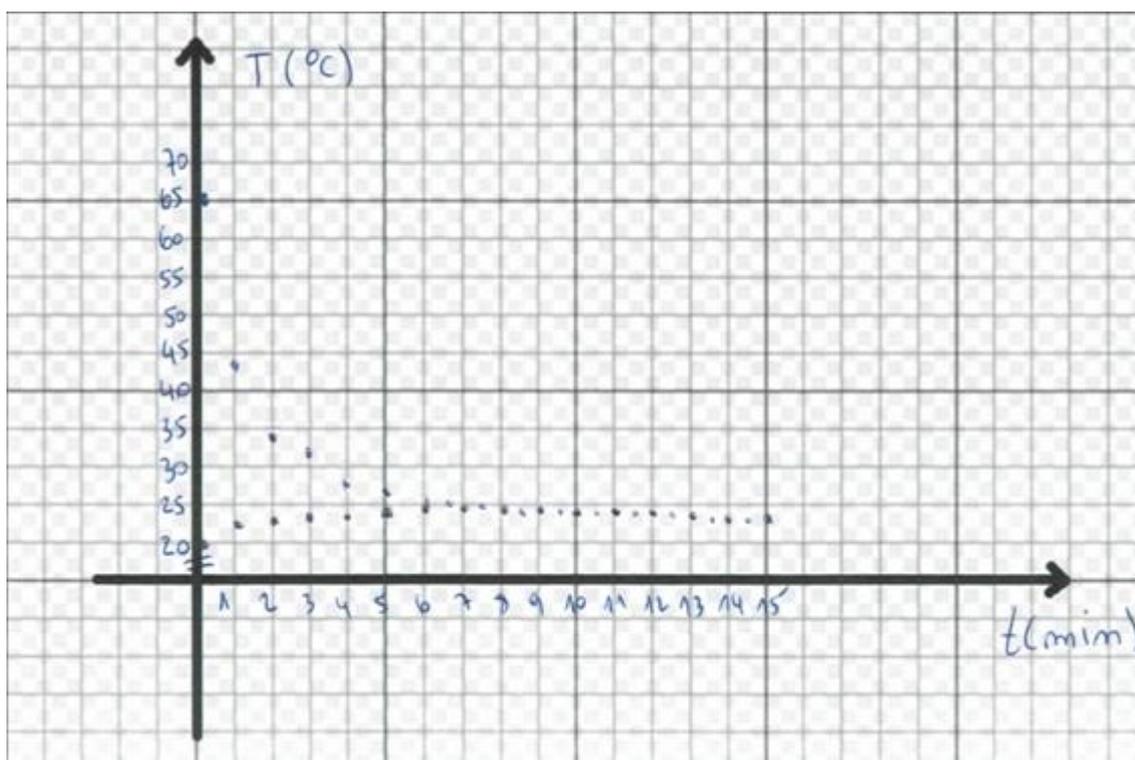


Figura 6: Exemplo de gráfico da prática de equilíbrio térmico.

Com todos os pontos marcados, orienta-se os alunos a criarem uma linha de tendência associada aos dados e cada grupo responde uma série de perguntas que compõem o relatório da prática experimental.

7. Aula de Equilíbrio térmico

Conteúdo abordado: Equilíbrio térmico

Tempo prevista para o tópico: duas horas-aula.

Objetivo: compreender o conceito de equilíbrio térmico; familiarizar os alunos com as unidades de medida; compreender as formas de troca de energia térmica.

Materiais necessários: Projetor de imagens, acesso à *internet*.

Dinâmica em sala de aula: A primeira hora-aula desse tópico destina-se a apresentação do conteúdo de aula conforme os *slides* da Figura C.13. Para cada *slide* prevê-se uma intervenção didática expositivo-dialogada. Ao final da exposição no quadro, entrega-se ao aluno a lista de exercícios (Apêndice E.5) que deverá ser inicialmente trabalhada em aula e finalizada em casa. Na segunda hora-aula do tópico corrige-se a lista de exercícios.

Tempo previsto	45 min.	i) apresentação do conteúdo. iii) correção dos exercícios.
	45 min.	

Ao iniciar a apresentação, os alunos são questionados sobre uma alternativa rápida para gelar o refrigerante (ou água como no exemplo da Figura C.13.b). Como a figura apresentada é uma mistura de água e gelo, é provável que muitos alunos cite essa possibilidade. Nesse momento é interessante questionar aos alunos: a energia será transferida da água para o gelo ou do gelo para a água? Comente que em uma mistura dessas o líquido transfere energia para o gelo e não o contrário.

Nesse momento explana-se aos alunos (Figuras C.13.c e C.13.d) o conceito de equilíbrio e mistura térmica. Além da conservação de energia são debatidos os processos em

que ocorrem perdas de energia no calorímetro e calorímetros com capacidade térmica não desprezível.

A Figura C.13.e apresenta um exemplo a ser resolvido em aula com os alunos.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
 INSTITUTO DE FÍSICA
 MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA

Mistura térmica

Gabriel Schabbach Schneider
 Orientação: Eliane Veit e Fernando Lang da Silveira

(a)



• Quando misturamos água à temperatura ambiente com gelo, o que acontece?

(b)

Troca de energia entre corpos



$T_b > T_a$

(c)

Princípio da mistura térmica

Em um sistema em que não ocorrem perdas de energia:

$$Q_a + Q_b + Q_c + Q_n = 0$$

(d)

Exemplo

1. (Enem 2013) Aquecedores solares usados em residências têm o objetivo de elevar a temperatura da água até 70°C. No entanto, a temperatura ideal da água para um banho é de 30°C. Por isso, deve-se misturar a água aquecida com a água à temperatura ambiente de um outro reservatório, que se encontra a 25°C.

Qual a razão entre a massa de água quente e a massa de água fria na mistura para um banho à temperatura ideal?

a) 0,111. b) 0,125. c) 0,357. d) 0,428. e) 0,833.

(e)

Figura C.13: Mistura térmica, exemplo da aplicação dos conceitos.

APÊNDICE D – Roteiro das atividades práticas

Neste apêndice constam os roteiros entregue aos alunos nas práticas experimentais.

Roteiro de atividade prática e relatório

Aula experimental – curva de resfriamento - Parte I

Verificando o resfriamento de um líquido em função do tempo.

A partir do procedimento adotado pelo grupo e conferido pelo professor utilize a tabela e o plano cartesiano abaixo para desenvolver a atividade.

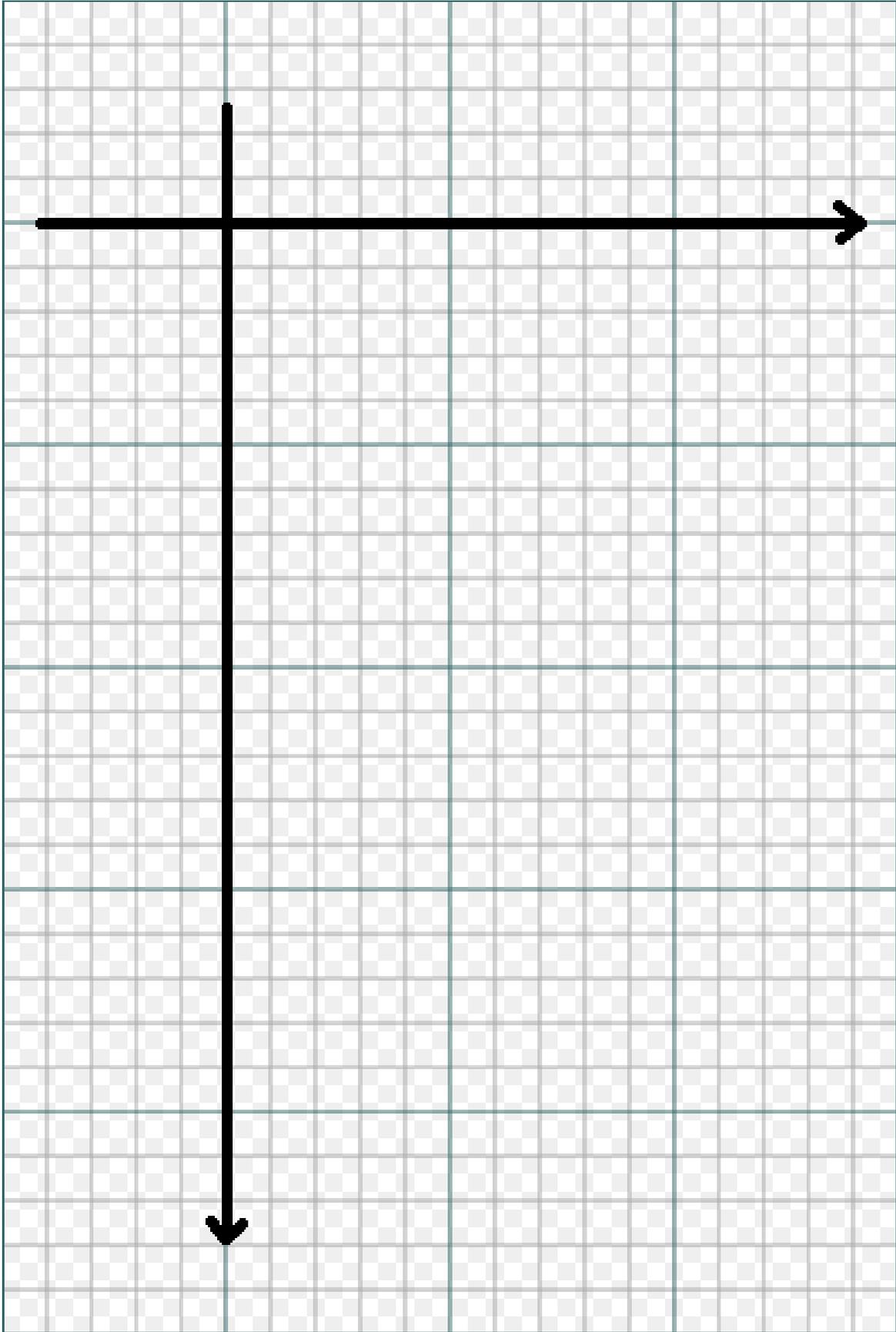
Bom trabalho

Dica: Mantenha o líquido agitado.

1. Marque na tabela abaixo os dados coletados para a temperatura em cada instante de tempo, conforme o planejado pelo grupo.

$m =$ _____
$T_0 =$ _____

2. No plano cartesiano indique a correspondente temperatura para cada tempo medido e anotado na tabela.



Aula experimental – curva de resfriamento - Parte II

3. Adicione ao recipiente outra massa de água conhecida e aquecida.
4. Construa uma tabela semelhante a anterior com os dados da segunda experiência.

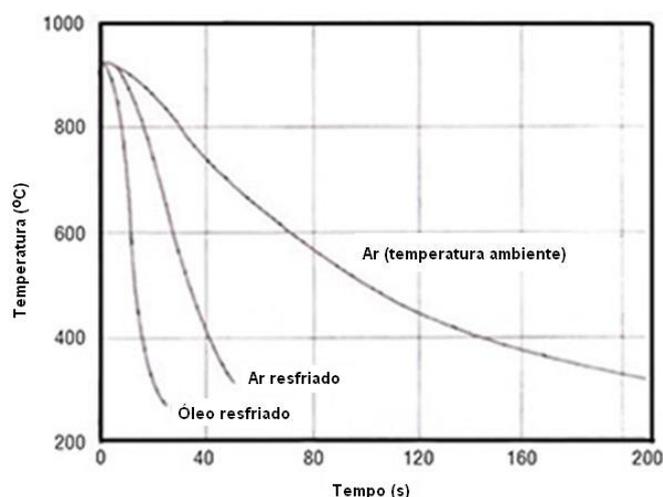
$m =$ _____
$T_0 =$ _____

5. Ainda no gráfico da página anterior indique a correspondente temperatura para cada tempo medido. Utilize caneta de cor diferente do que a utilizada na parte I.

Nomes: _____

Relatório de atividade prática

1. Descreva com as suas palavras o que acontece com a temperatura à medida que passa o tempo. Procure comparar o resfriamento das duas porções d'água usadas na experiência realizada.
2. A medida que o tempo passa, a inclinação (ou declividade) da reta tangente à curva aumenta ou diminui? Qual a relação da inclinação da reta tangente à curva e o resfriamento?
3. Explique com poucas palavras de que forma a quantidade de água em cada um dos recipientes influenciou na rapidez das mudanças de temperatura quando comparadas às medidas dos dois experimentos?
4. O gráfico abaixo apresenta o resfriamento de uma amostra metálica quando resfriada em contato com três diferentes fluidos: óleo, gás resfriado e em contato com o ar à temperatura ambiente. Disserte a respeito da diferença entre as curvas obtidas pelo grupo na prática de sala de aula e as apresentadas no gráfico.



Roteiro de atividade prática e relatório

Verificando o equilíbrio térmico entre dois corpos.

Ao misturar a porção de água junto ao metal aquecido anote o valor da temperatura da água nos intervalos de tempo programado pelo grupo.

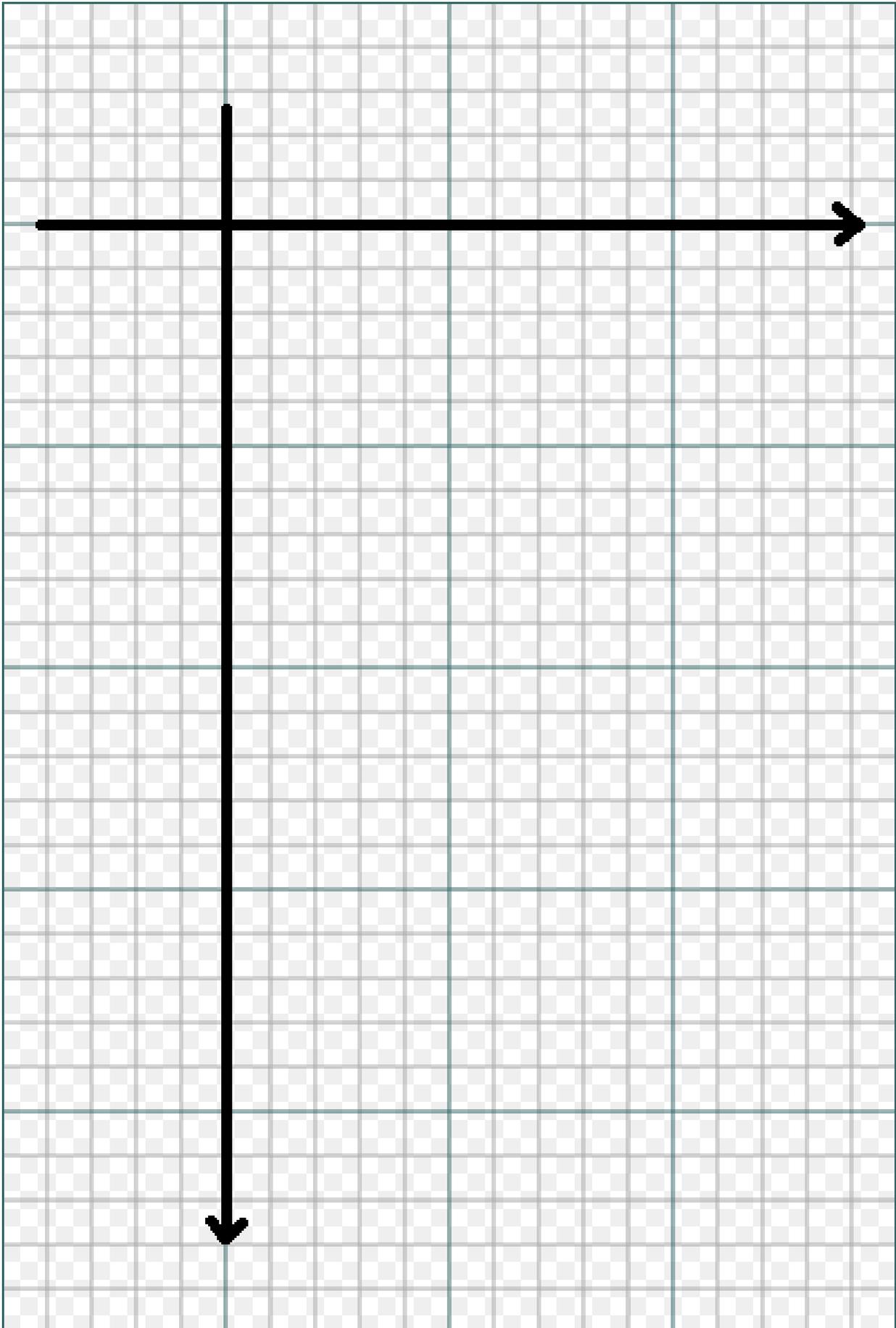
Bom trabalho!

Dica: Mantenha o líquido agitado.

1. Marque na tabela abaixo as informações de temperatura e tempo conforme o planejado pelo grupo.

$m_{\text{água}} =$ _____
$m_{\text{metal}} =$ _____
$T_{0\text{água}} =$ _____
$T_{0\text{metal}} =$ _____

2. No gráfico abaixo indique a correspondente temperatura tanto para a água quanto para o metal previamente aquecido em função do tempo. Faça cada uma das marcações com caneta de cor diferente.



Nomes: _____

Relatório de atividade prática

- 1) A temperatura da água nos instantes finais da medição permaneceu praticamente constante ou variava rapidamente?

- 2) A partir do exemplo dado em aula, calcule o calor específico do metal considerando que após transcorrido o tempo a amostra tenha atingido o equilíbrio térmico.

- 3) A temperatura de equilíbrio é ou está próxima da temperatura inicial média das duas amostras?

- 4) Se você repetisse o experimento colocando uma massa maior da mesma amostra metálica, a temperatura de equilíbrio térmico seria mais próxima da temperatura inicial da água ou do metal?

- 5) E se fosse mantido o mesmo metal com as mesmas condições iniciais e diminuída a quantidade de água, a temperatura de equilíbrio térmico seria mais próximo da temperatura inicial da água ou do metal?

APÊNDICE E – Lista de exercícios

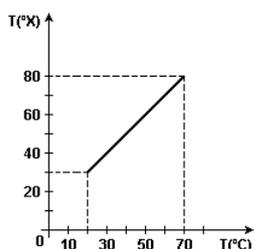
Neste apêndice constam todas as listas de exercícios elaboradas, divididas por tópicos

E.1 – Termometria

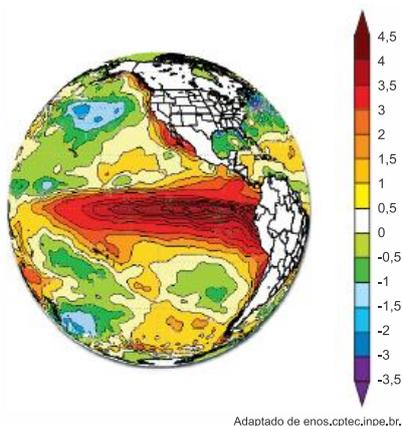
1. Defina Calor e Temperatura.
2. Do ponto de vista microscópico o que é a temperatura?
3. Em qual escala de temperatura a temperatura do corpo humano é próxima de 100?
4. Um corpo sofre um aquecimento de 40°C . Se este aquecimento fosse expresso na escala fahrenheit, qual seria a variação nesta escala?
5. Qual a diferença entre temperatura e variação de temperatura? Para as indicações de 5 e de 15°C , qual a indicação de cada temperatura nas escalas fahrenheit e kelvin? Quanto foi a variação de temperatura nas duas escalas? Esboce um gráfico, a partir da temperatura mínima de cada uma das escalas e que relacione as temperaturas celsius e fahrenheit.
6. Um termômetro em PoA registrou 40°F . Possivelmente isto aconteceu no inverno ou no verão?
7. A temperatura do corpo humano é próxima de 37°C . Qual é este valor em kelvin?
8. Faça uma pesquisa e defina o que é um termógrafo.
9. O que é o zero absoluto?
10. Qual é a leitura de um termômetro graduado em fahrenheit para a leitura de 40°C ?
11. Um termômetro graduado ou em celsius, ou em fahrenheit ou em kelvin, indica - 300. Qual destes termômetros pode ser o correto?

12. A água a 300 K cai sobre sua mão. Sua mão se queimará ou será resfriada?

13. (UFP 2006) O gráfico a seguir apresenta a relação entre a temperatura na escala Celsius e a temperatura numa escala termométrica arbitrária X. Calcule a temperatura de fusão do gelo na escala X. Considere a pressão de 1 atm.



14. (UERJ 2015) No mapa abaixo, está representada a variação média da temperatura dos oceanos em um determinado mês do ano. Ao lado, encontra-se a escala, em graus Celsius, utilizada para a elaboração do mapa.



Determine, em graus kelvins, o módulo da variação entre a maior e a menor temperatura da escala apresentada.

15. (IMED 2015) Uma temperatura é tal que 18 (dezoito) vezes o seu valor na escala Celsius é igual a -10 (menos dez) vezes o seu valor na escala Fahrenheit. Determine essa temperatura.

a) 8°F .

- b) 16°F .
- c) 32°F .
- d) 64°F .
- e) 128°F .

16. (G1 - IFCE 2014) Ao tomar a temperatura de um paciente, um médico do programa *Mais Médicos* só tinha em sua maleta um termômetro graduado na escala Fahrenheit. Após colocar o termômetro no paciente, ele fez uma leitura de 104°F . A correspondente leitura na escala Celsius era de

- a) 30.
- b) 32.
- c) 36.
- d) 40.
- e) 42.

17. (ESPCEX (AMAN) 2013) Um termômetro digital, localizado em uma praça da Inglaterra, marca a temperatura de $10,4^{\circ}\text{F}$. Essa temperatura, na escala Celsius, corresponde a

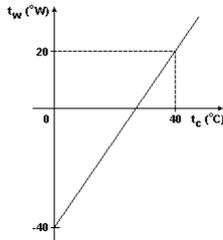
- a) -5°C
- b) -10°C
- c) -12°C
- d) -27°C
- e) -39°C

18. (UERN 2013) Em um determinado aeroporto, a temperatura ambiente é exibida por um mostrador digital que indica, simultaneamente, a temperatura em 3 escalas termométricas: *Celsius*, *Fahrenheit* e *Kelvin*. Se em um determinado instante a razão entre a temperatura exibida na escala *Fahrenheit* e na escala *Celsius* é igual a 3,4, então a temperatura registrada na escala *Kelvin* nesse mesmo instante é

- a) 272 K.

- b) 288 K.
- c) 293 K.
- d) 301 K.

19. (PUCSP 2007) O gráfico representa a relação entre a temperatura medida em uma escala de temperatura hipotética W e a temperatura medida na escala Celsius, sob pressão normal.

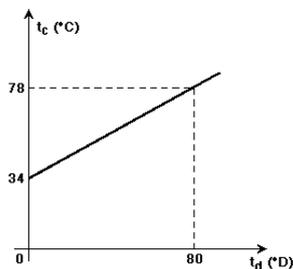


A temperatura de fusão do gelo e a de ebulição da água são, em graus W, respectivamente iguais a

- a) - 40 e 40
- b) - 40 e 110
- c) 20 e 110
- d) - 40 e 100
- e) 20 e 100

20. (FATEC 2007) Um cientista criou uma escala termométrica D que adota como pontos fixos o ponto de ebulição do álcool (78 °C) e o ponto de ebulição do éter (34 °C).

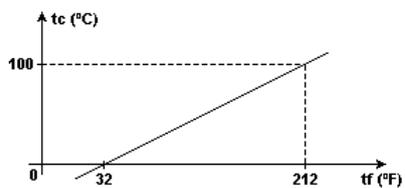
O gráfico a seguir relaciona esta escala D com a escala Celsius.



A temperatura de ebulição da água vale, em °D:

- a) 44
- b) 86
- c) 112
- d) 120
- e) 160

21. (FATEC 2006) Duas escalas de temperatura, a Celsius ($^{\circ}\text{C}$) e a Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), se relacionam de acordo com o gráfico.



A temperatura em que a indicação da escala Fahrenheit é o dobro da indicação da escala Celsius é

- a) 160°C
- b) 160°F
- c) 80°C
- d) 40°F
- e) 40°C

E.2 – Correntes de convecção e calor específico da água e do óleo.

Visualizar os vídeos e responder às perguntas abaixo.

<https://www.youtube.com/watch?v=XtyZ2SByYoI>

<https://www.youtube.com/watch?v=pIEJNU2TAoU>

1. O volume da água e do óleo apresentados no experimento são idênticos? E a massa?
2. Qual é a massa aferida para o vidro de Becker?
3. Qual a massa real de água e óleo que são apresentadas no experimento?
4. Ao iniciar o aquecimento, as amostras de água e óleo estavam à mesma temperatura?
5. Qual a temperatura final da amostra de água e de óleo?
6. A variação de temperatura sofrida pelo óleo é quantas vezes maior do que a variação de temperatura sofrida pela água no intervalo de tempo apresentado?
7. Quais são as cores e a temperatura das amostras de água fria e quente?
8. No recipiente à esquerda do vídeo encontra-se uma porção de gelo, qual é a temperatura de fusão do gelo?
9. Ao realizar a primeira etapa do experimento, em que cada porção de água é colocada cuidadosamente no recipiente maior, na parte de baixo do recipiente maior se localiza a porção de água fria ou quente?
10. Na segunda parte do experimento, ao derrubar abruptamente os copos na água, o gelo passa a flutuar. Pesquise o porquê do gelo flutua em água.

E.3 – Calorimetria

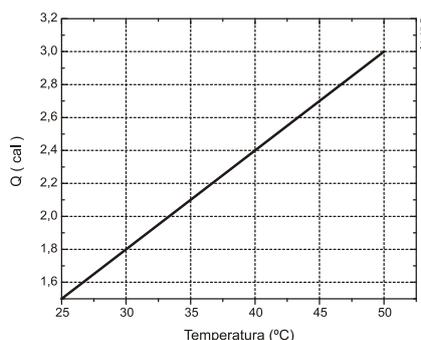
Links para consultas: <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=261>

Das questões 1 a 4 circule uma entre as opções apresentadas entre parênteses.

No experimento realizado em sala de aula foi abordado o quanto a agitação do líquido influenciava na taxa de transferência de energia (térmica, elétrica) entre o refrigerante e a solução água + gelo que, em equilíbrio térmico devem estar a uma temperatura (maior, menor, igual) a 0°C . O líquido agitado tem acelerado o processo de (irradiação, convecção, condução), processo responsável pela troca de energia térmica em maus condutores.

1. O gráfico construído em sala de aula apresentou uma curva característica cuja declividade (aumentava, permanecia constante, diminuía) com o passar do tempo. Isso caracteriza que a taxa de transferência de energia (aumentou, diminuiu) com o passar do tempo.
2. Para um volume fixo de água, quanto mais potente for a fonte térmica ao qual ela está submetida (mais rapidamente, mais lentamente) ela aquecerá e se for água no estado líquido ela irá entrar em (ebulição, fusão, sublimação) a temperatura de 100°C .
3. O processo de (evaporação, ebulição) ocorre em qualquer temperatura, enquanto o processo de (evaporação, ebulição) é caracterizado pela formação de bolhas no interior da massa líquida.
4. (UEM 2011) Um cientista deseja determinar o calor específico de um material. Para isso, utilizando um calorímetro, ele aquece 20 miligramas desse material, mede a quantidade de energia fornecida ao material e a sua temperatura a cada instante.

Na figura abaixo, é apresentado um gráfico da quantidade de energia absorvida pelo material em função da temperatura. Analise cuidadosamente o gráfico e assinale o que for correto.



- 01) O coeficiente angular da reta descrita pelos dados experimentais é a capacidade térmica dos 20 miligramas desse material.

- 02) O valor da capacidade térmica dos 20 miligramas desse material é $0,06 \text{ cal}/^\circ\text{C}$.
- 04) O valor do calor específico desse material é $3 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$.
- 08) No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de capacidade térmica é $\text{cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$.
- 16) Esses dados experimentais do cientista descrevem uma equação matemática de segundo grau.

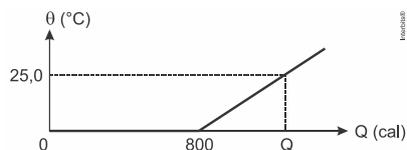
5. (G1 - CPS 2015) Um dos materiais que a artista Gilda Prieto utiliza em suas esculturas é o bronze. Esse material apresenta calor específico igual a $0,09 \text{ cal}/(\text{g}\cdot^\circ\text{C})$, ou seja, necessita-se de 0,09 caloria para se elevar em 1 grau Celsius a temperatura de 1 grama de bronze.



Vênus. Gilda Prieto
Foto: Roberto G. Crivelli

Se a escultura apresentada tem uma massa de bronze igual a 300g, para que essa massa aumente sua temperatura em 2°C , deve absorver uma quantidade de energia, em calorias, igual a

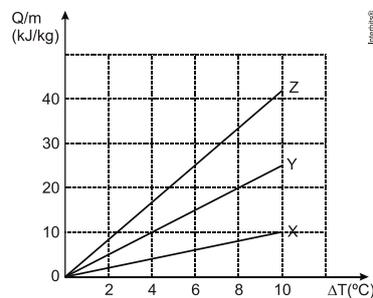
- a) 6.
- b) 18.
- c) 27.
- d) 36.
- e) 54.
6. (MACKENZIE 2014) O gráfico abaixo mostra a variação da quantidade de energia (Q) com a temperatura (θ) de um cubo de gelo de massa m , inicialmente a $0,00^\circ\text{C}$.



Considere: calor latente de fusão do gelo $L = 80,0 \text{ cal/g}$ e calor específico da água $c = 1,00 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$. A quantidade de energia (Q), em kcal, necessária para que toda massa m se transforme em água a $25,0^\circ\text{C}$ é

- a) 1,05
- b) 1,15
- c) 1,25
- d) 1,35
- e) 1,45

7. (UFRGS 2012) O gráfico a seguir representa a energia absorvida por unidade de massa, Q/m , em função das variações de temperatura ΔT para as substâncias ar, água e álcool, que recebem energia em processos em que a pressão é mantida constante.



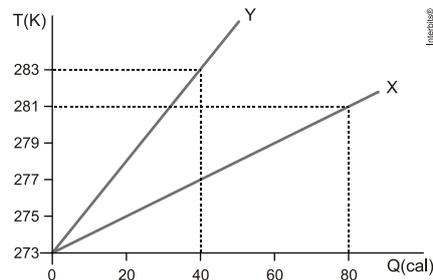
(Considere que os valores de calor específico do ar, do álcool e da água são, respectivamente, $1,0 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$, $2,5 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$ e $4,2 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C}$.)

Com base nesses dados, é correto afirmar que as linhas do gráfico identificadas pelas letras X, Y e Z, representam, respectivamente,

- a) o ar, o álcool e a água.
- b) o ar, a água e o álcool.
- c) a água, o ar e o álcool.
- d) a água, o álcool e o ar.
- e) o álcool, a água e o ar.

8. (UERJ 2012) Considere X e Y dois corpos homogêneos, constituídos por substâncias distintas, cujas massas correspondem, respectivamente, a 20 g e 10 g.

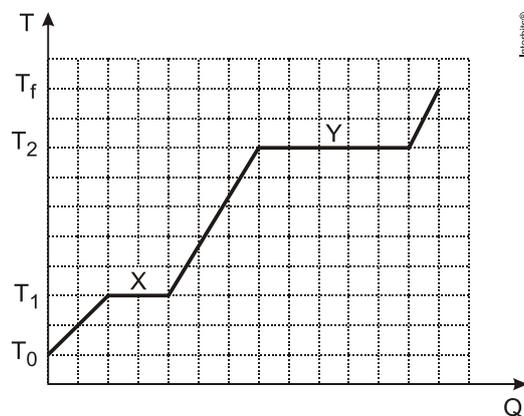
O gráfico abaixo mostra as variações da temperatura desses corpos em função da energia absorvida por eles durante um processo de aquecimento.



Determine as capacidades térmicas de X e Y e, também, os calores específicos das substâncias que os constituem.

9. (Adaptada - UFRGS 2011) Uma amostra de uma substância encontra-se, inicialmente, no estado sólido na temperatura T_0 . Passa, então, a receber energia até atingir a temperatura final T_f , quando toda a amostra já se transformou em vapor.

O gráfico abaixo representa a variação da temperatura T da amostra em função da quantidade de energia Q por ela recebida.



Considere as seguintes afirmações, referentes ao gráfico.

I. T_1 e T_2 são, respectivamente, as temperaturas de fusão e de ebulição da substância.

II. No intervalo X, coexistem os estados sólido e líquido da substância.

III. No intervalo Y, coexistem os estados sólido, líquido e gasoso da substância.

Quais estão corretas?

a) Apenas I.

b) Apenas II.

c) Apenas III.

d) Apenas I e II.

e) I, II e III.

10. (G1 - CPS 2008) Muitos estudos têm demonstrado a necessidade de uma dieta alimentar balanceada para diminuir a incidência de doenças e aumentar a qualidade e o tempo de vida do homem.

Durante o intervalo, um estudante consumiu um lanche feito de pão e hambúrguer, 50 g de batata frita, 1 caixinha de água de coco e 50 g de sorvete.

Considere a tabela a seguir.

Alimento	Valor energético
Caixinha de água de coco	42 kcal
Pão	82,5 kcal
Hambúrguer	292,5 kcal
Batata frita	6 kcal/g
Sorvete	3 kcal/g

O valor energético total, obtido pela ingestão do lanche é, aproximadamente, em kcal, de

a) 426.

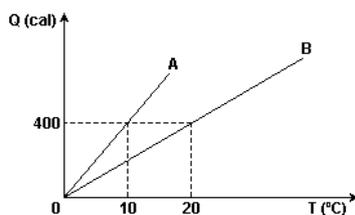
b) 442.

c) 600.

d) 638.

e) 867.

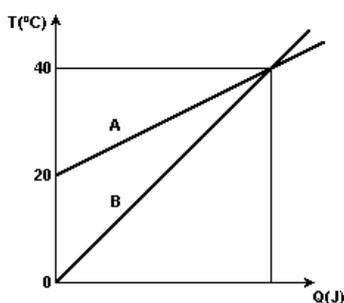
11. (UFSC 2006) O gráfico a seguir representa a quantidade de energia absorvida por dois objetos A e B ao serem aquecidos, em função de suas temperaturas.



Observe o gráfico e assinale a(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01) A capacidade térmica do objeto A é maior que a do objeto B.
- 02) A partir do gráfico é possível determinar as capacidades térmicas dos objetos A e B.
- 04) Pode-se afirmar que o calor específico do objeto A é maior que o do objeto B.
- 08) A variação de temperatura do objeto B, por caloria absorvida, é maior que a variação de temperatura do objeto A, por caloria absorvida.
- 16) Se a massa do objeto A for de 200 g, seu calor específico será $0,2 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$.

12. (UFRGS 2005) O gráfico a seguir representa as variações de temperatura ΔT , em função da energia absorvida Q , sofridas por dois corpos, A e B, de massas m_A e m_B e calores específicos c_A e c_B , respectivamente.

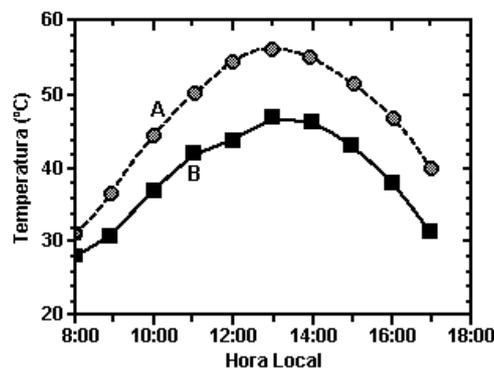


Nesse caso, pode-se afirmar que a razão c_A/c_B é igual a

- a) $4m_B/m_A$.
- b) $2m_B/m_A$.
- c) m_B/m_A .
- d) $m_B/(2m_A)$.

e) $m_3/(4m_A)$.

13. (UniCamp 2004) As temperaturas nas grandes cidades são mais altas do que nas regiões vizinhas não povoadas, formando "ilhas urbanas de calor". Uma das causas desse efeito é a energia absorvida pelas superfícies escuras, como as ruas asfaltadas e as coberturas de prédios. A substituição de materiais escuros por materiais alternativos claros reduziria esse efeito. A figura mostra a temperatura do pavimento de dois estacionamentos, um recoberto com asfalto e o outro com um material alternativo, ao longo de um dia ensolarado.



- Qual curva corresponde ao asfalto?
- Qual é a diferença máxima de temperatura entre os dois pavimentos durante o período apresentado?
- O asfalto aumenta de temperatura entre 8h00 e 13h00. Em um pavimento asfaltado de 10.000 m^2 e com uma espessura de $0,1 \text{ m}$, qual a quantidade de energia necessária para aquecer o asfalto nesse período? Despreze as perdas de energia. A densidade do asfalto é 2.300 kg/m^3 e seu calor específico $C = 0,75 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$.

14. (UnESP 2015) A energia contida nos alimentos

Para determinar o valor energético de um alimento, podemos queimar certa quantidade desse produto e, com a energia liberada, aquecer determinada massa de água. Em seguida, mede-se a variação de temperatura sofrida pela água depois que todo o produto foi queimado, e determina-se a quantidade de energia liberada na queima do alimento. Essa é a energia que tal alimento nos fornece se for ingerido.

No rótulo de um pacote de castanha de caju, está impressa a tabela a seguir, com informações nutricionais sobre o produto.

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL	
Porção 15 g	
Quantidade por porção	
Valor energético	90 kcal
Carboidratos	4,2 g
Proteínas	3 g

www.brcaju.com.br

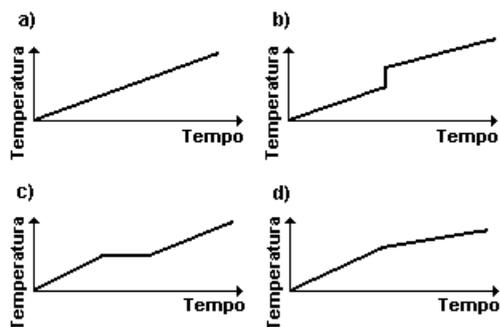
Considere que 150 g de castanha tenham sido queimados e que determinada massa m de água, submetida à chama dessa combustão, tenha sido aquecida de 15°C para 87°C . Sabendo que o calor específico da água líquida é igual a $1\text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ e que apenas 60% da energia liberada na combustão tenha efetivamente sido utilizada para aquecer a água, é correto afirmar que a massa m , em gramas, de água aquecida era igual a

- a) 10000.
- b) 5000.
- c) 12500.
- d) 7500.
- e) 2500.

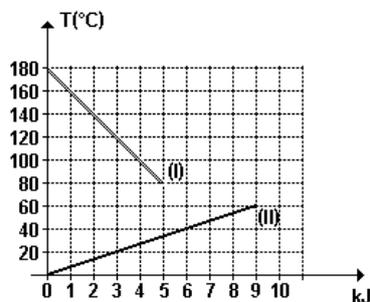
15. (UFMG 2000) Um bloco de cobre, inicialmente sólido, é aquecido continuamente. Após um certo tempo, esse bloco se liquefaz totalmente e o cobre líquido continua a ser aquecido.

Durante todo o processo, o cobre recebe a mesma quantidade de energia por unidade de tempo.

Assinale a alternativa cujo gráfico MELHOR descreve a variação da temperatura do bloco com o tempo.



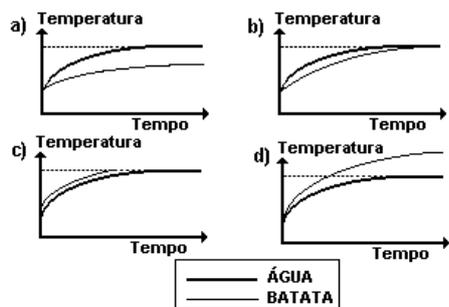
16. (FUVEST 1999) No gráfico, a curva I representa o resfriamento de um bloco de metal a partir de 180°C e a curva II, o aquecimento de uma certa quantidade de um líquido a partir de 0°C , ambos em função da energia cedida ou recebida no processo. Se colocarmos num recipiente termicamente isolante a mesma quantidade daquele líquido a 20°C e o bloco a 100°C , a temperatura de equilíbrio do sistema (líquido+bloco) será de aproximadamente



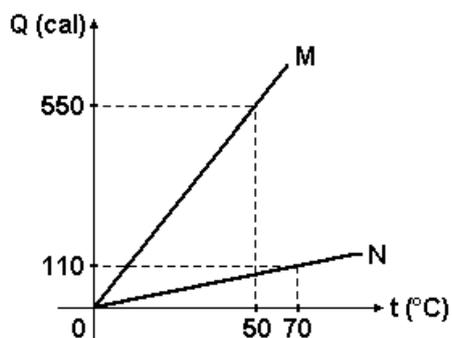
- a) 25°C
- b) 30°C
- c) 40°C
- d) 45°C
- e) 60°C

17. (UFMG 1998) Coloca-se uma batata para cozinhar em uma panela com água, inicialmente à temperatura ambiente.

O gráfico que melhor representa a temperatura da água e a temperatura do interior da batata, em função do tempo, é



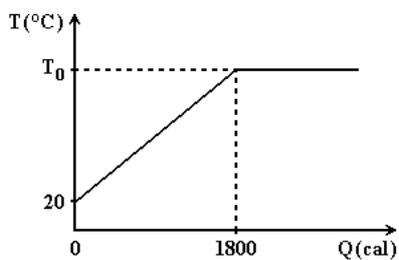
18. (UEL1996) O gráfico a seguir representa a energia absorvida por dois corpos sólidos M e N em função da temperatura.



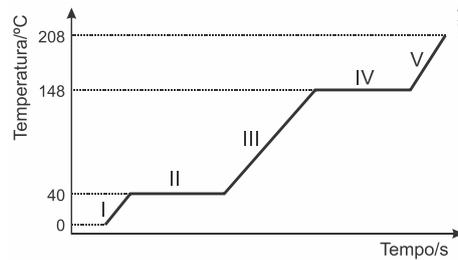
A capacidade térmica do corpo M, em relação à do corpo N, vale

- a) 1,4
- b) 5,0
- c) 5,5
- d) 6,0
- e) 7,0

19. (UFPE 1996) A figura a seguir representa a temperatura de um líquido não-volátil em função da quantidade de energia por ele absorvida. Sendo a massa do líquido 100 g e seu calor específico $0,6 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$, qual o valor em $^\circ\text{C}$ da temperatura T_0 ?



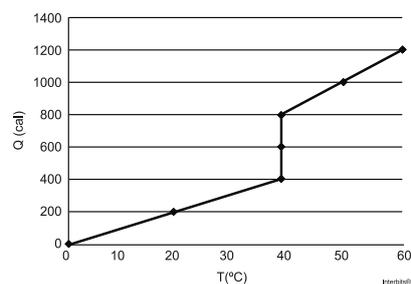
20. (UEG 2015) A mudança do estado físico de determinada substância pode ser avaliada em função da variação da temperatura em relação ao tempo, conforme o gráfico a seguir. Considere que a 0°C o composto encontra-se no estado sólido.



No gráfico, encontra-se a substância no estado líquido nas etapas

- a) I, II e IV
- b) III, IV e V
- c) II, III e IV
- d) I, III e V

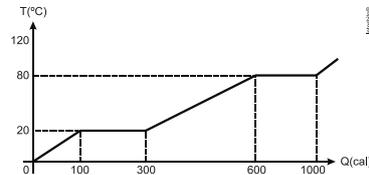
21. (UniFESP 2013) O gráfico representa o processo de aquecimento e mudança de fase de um corpo inicialmente na fase sólida, de massa igual a 100g.



Sendo Q a quantidade de energia absorvida pelo corpo, em calorias, e T a temperatura do corpo, em graus Celsius, determine:

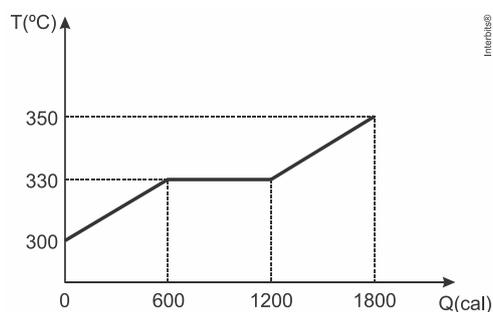
- a) o calor específico do corpo, em $\text{cal}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$, na fase sólida e na fase líquida.
- b) a temperatura de fusão, em $^{\circ}\text{C}$, e o calor latente de fusão, em calorias, do corpo.

22. (UEP 2013) O gráfico abaixo mostra a evolução da temperatura de um corpo de massa m , constituído por uma substância pura, em função da quantidade de energia que lhe é fornecida. Com base nas informações desse gráfico, assinale o que for correto.



- 01) Em $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $T = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ o corpo sofre mudanças de fases.
- 02) A quantidade de energia cedida ao corpo enquanto a sua temperatura variou entre $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ é denominado calor sensível.
- 04) Em $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ o corpo se encontra na fase sólida.
- 08) A energia cedida ao corpo durante as mudanças de fase é denominado calor latente.

23. (UFU 2007) O gráfico a seguir representa a temperatura de uma amostra de massa 20 g de determinada substância, inicialmente no estado sólido, em função da quantidade de energia que ela absorve.



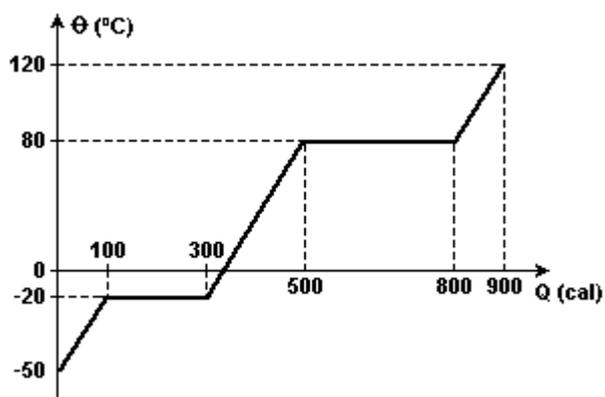
Com base nessas informações, marque a alternativa correta.

- a) O calor latente de fusão da substância é igual a 30 cal/g .
- b) O calor específico na fase sólida é maior do que o calor específico da fase líquida.

c) A temperatura de fusão da substância é de 300°C .

d) O calor específico na fase líquida da substância vale $1,0 \text{ cal} \cdot \text{g}^{-1} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$.

24. (FATEC 2006) O gráfico a seguir é a curva de aquecimento de 10g de uma substância, à pressão de 1 atm.



Analise as seguintes afirmações :

I. a substância em questão é a água.

II. o ponto de ebulição desta substância é 80°C .

III. o calor latente de fusão desta substância é 20 cal/g .

Das afirmações apresentadas,

a) todas estão corretas.

b) todas estão erradas.

c) somente I e II estão corretas.

d) somente II e III estão corretas.

e) somente I está correta.

E.4 – Potência térmica

1. Deseja-se aquecer uma porção de água. Para tal, será utilizado um fogão que possui queimadores de diferentes tamanhos. O queimador maior, que queima uma quantidade maior de gás a cada segundo irá aquecer a água mais (rapidamente – lentamente) do que o queimador menor.
2. Quando o sol incide sobre uma roupa molhada a água (evapora – ebuli). Uma das condições facilitadoras desse processo é a (alta umidade do ambiente – ampla incidência de sol). Quanto maior for a incidência de sol (maior – menor) será a taxa de vaporização da água presente na roupa.
3. Duas pessoas subiram a mesma escada em diferentes intervalos de tempo, a quem tem (maior, menor) potência levou mais tempo enquanto que a que possui (maior, menor) potência levou menor tempo.
4. (Ufpe 2006) Considere que uma pequena boca de fogão a gás fornece tipicamente a potência de 250 cal/s. Supondo que toda a energia térmica fornecida é transmitida a 200 g de água, inicialmente a 30 °C, calcule o tempo, em segundos, necessário para que a água comece a ferver. Considere a pressão atmosférica de 1 atm.
5. (Ufal 2006) Fornecendo-se potência elétrica constante de 400 W durante 10 s a uma amostra de 500 g de um líquido, sua temperatura passa de 20 °C para 30 °C.

Determine:

- a) a energia fornecida pela fonte em 1,0 minuto;
 - b) o calor específico do líquido em J/g °C.
6. (UniCamp 1993) Um aluno simplesmente sentado numa sala de aula dissipa uma quantidade de energia equivalente à de uma lâmpada de 100 W. O valor energético da gordura é de 9,0 kcal/g. Para simplificar, adote 1 cal = 4,0 J.

a) Qual o mínimo de quilocalorias que o aluno deve ingerir por dia para repor a energia dissipada?

b) Quantos gramas de gordura um aluno queima, no mínimo, durante uma hora de aula?

7. (FUVEST 1987) Uma piscina com 40 m^2 de área contém água com uma profundidade de $1,0 \text{ m}$. Se a potência absorvida da radiação solar, por unidade de área, for igual a 836 W/m^2 , o tempo de exposição necessário para aumentar a temperatura da água de 17°C a 19°C será aproximadamente:

a) 100 segundos.

b) 10.000 segundos.

c) 1.000.000 segundos.

d) 2.500 segundos.

e) 25.000 segundos.

8. (FUVEST 1990) Um atleta envolve sua perna com uma bolsa de água quente, contendo 600 g de água à temperatura inicial de 90°C . Após 4 horas ele observa que a temperatura da água é de 42°C . A perda média de energia da água por unidade de tempo é:

Dado: $c = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ \text{C}$

a) $2,0 \text{ cal/s}$

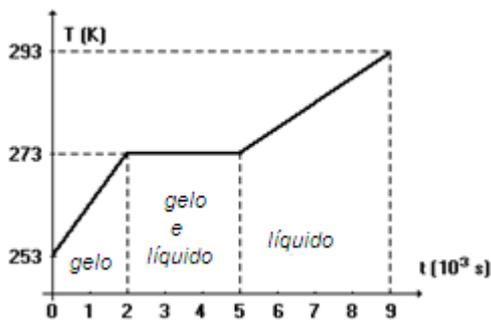
b) 18 cal/s

c) 120 cal/s

d) $8,4 \text{ cal/s}$

e) $1,0 \text{ cal/s}$

9. (UNESP 1993) Sob pressão constante, eleva-se a temperatura de certa massa de gelo, inicialmente a 253 K , por meio de transferência de energia a taxa constante, até que se obtenha água a 293 K .



A partir do gráfico responda:

- Qual é o maior calor específico? É o do gelo ou da água? Justifique.
 - Por que a temperatura permanece constante em 273 K, durante parte do tempo?
- (Descarte a hipótese de perda de energia para o ambiente e despreze a evaporação da água).

10. (FEI 1994) Quando dois corpos de tamanhos diferentes estão em contato e em equilíbrio térmico, e ambos isolados do meio ambiente, pode-se dizer que:

- o corpo maior é o mais quente.
- o corpo menor é o mais quente.
- não há troca de energia entre os corpos.
- o corpo maior cede energia para o corpo menor.
- o corpo menor cede energia para o corpo maior.

11. (MACKENZIE 1998) Um aquecedor elétrico, próprio para uso doméstico e que apresenta as especificações 840W-110V, é imerso em água contida num calorímetro ideal. Durante os 3,50 minutos em que esteve ligado, o aquecedor proporcionou um aumento de 30°C na temperatura da água, a qual ocupa um volume de:

Dados:

$$1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$$

$$\text{Densidade de H}_2\text{O} = 1,0 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Calor específico de H}_2\text{O} = 1,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

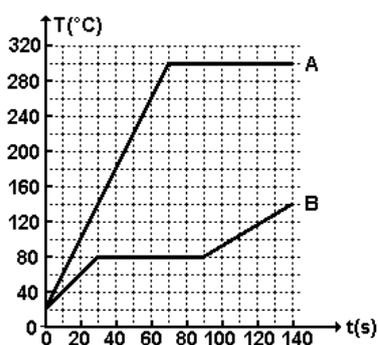
- 0,5 ℓ
- 1,0 ℓ
- 1,2 ℓ

d) 1,4 ℓ

e) 1,53 ℓ

12. (FUVEST 1998) As curvas A e B na figura representam a variação de temperatura (T) em função do tempo (t) de duas substâncias A e B, quando 50g de cada uma é aquecida separadamente, a partir da temperatura inicial de 20°C , na fase sólida, recebendo energia numa taxa constante de 20cal/s .

Considere agora um experimento em que 50g de cada uma das substâncias são colocadas em contato térmico num recipiente termicamente isolado, com a substância A na temperatura inicial $T_A=280^{\circ}\text{C}$ e a substância B na temperatura inicial $T_B=20^{\circ}\text{C}$.

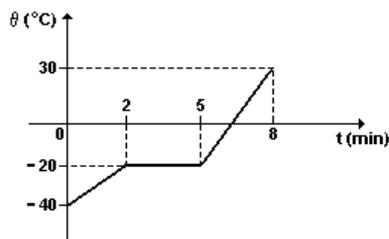


a) Determine o valor do calor latente de fusão L_B da substância B.

b) Determine a temperatura de equilíbrio do conjunto no final do experimento.

c) Se a temperatura final corresponder à mudança da fase de uma das substâncias, determine a quantidade da mesma em cada uma das fases.

13. (FATEC 1999) O gráfico a seguir representa o aquecimento de 3,0kg de uma determinada substância inicialmente no estado sólido. O aquecimento é feito por meio de uma fonte de potência constante 600W .

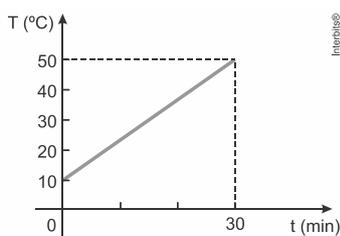


O calor específico dessa substância no estado líquido, em $\text{J}/(\text{g}^{\circ}\text{C})$, é:

a) 0,72

- b) 0,90
- c) 2,0
- d) 8,2
- e) 10,0

14. (UERJ 2015) Um corpo de massa igual a 500g, aquecido por uma fonte térmica cuja potência é constante e igual a 100cal/min, absorve integralmente toda a energia fornecida por essa fonte. Observe no gráfico a variação de temperatura do corpo em função do tempo.

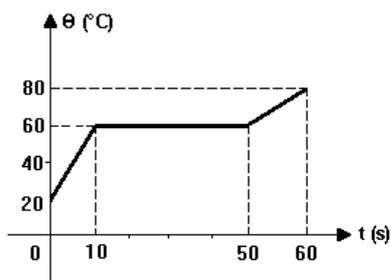


Calcule o calor específico da substância da qual o corpo é composto, bem como a capacidade térmica desse corpo.

TEXTO PARA AS PRÓXIMAS 2 QUESTÕES:

Uma fonte térmica, de potência constante e igual a 20 cal/s, fornece energia a um corpo sólido de massa 100 g. A variação de temperatura θ do corpo em função do tempo t é dada pelo gráfico a seguir.

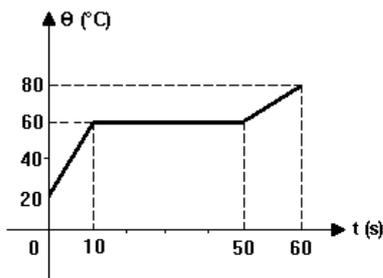
15. (UEL 1994) Com relação à substância que constitui o corpo, o calor latente de fusão, em cal/g, vale



- a) 2,0

- b) 4,0
- c) 8,0
- d) 20
- e) 40

16. (UEL 1994)

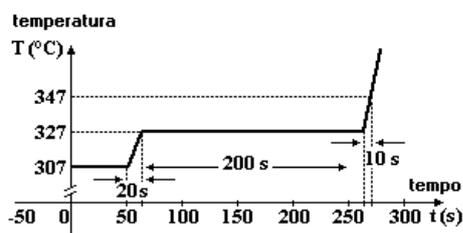


O calor específico da substância que constitui o corpo, no estado líquido, em $\text{cal/g}^\circ\text{C}$, vale

- a) 0,05
- b) 0,10
- c) 0,20
- d) 0,30
- e) 0,40

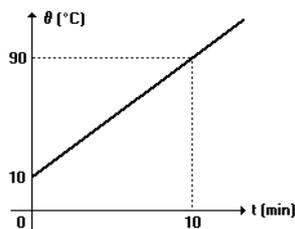
17. (FUVEST 1996) Um recipiente de paredes finas contém 100 g de uma liga metálica. O gráfico representa a temperatura T da liga em função do tempo t .

Até o instante $t = 50$ s, a liga recebe de um aquecedor a potência $P_0 = 30$ W e, a partir desse instante, passa a receber a potência $P_1 = 43$ W. A temperatura de fusão da liga é 327°C e a de ebulição é superior a 1500°C . Na situação considerada a liga perde energia na forma de calor para o ambiente a uma taxa constante. Avalie:



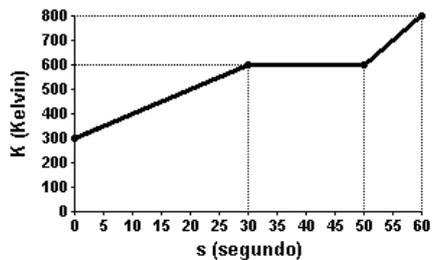
- a) a quantidade de energia perdida pela liga, a cada segundo, em J.
- b) a energia (em J) necessária para fundir 1 g da liga.
- c) a energia (em J) necessária para elevar, de 1 °C, a temperatura de 1 g da liga no estado líquido.
- d) a energia (em J) necessária para elevar, de 1 °C, a temperatura de 1 g da liga no estado sólido.

18. (MACKENZIE 1997) Um corpo de massa 100g é aquecido por uma fonte térmica de potência constante e igual a 400 cal/min. O gráfico a seguir mostra como varia no tempo a temperatura do corpo. O calor específico da substância que constitui o corpo, em cal/g °C, é:



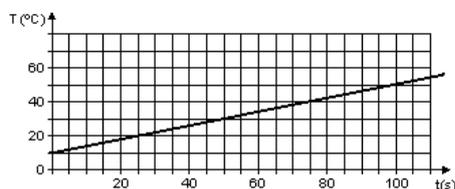
- a) 0,6
- b) 0,5
- c) 0,4
- d) 0,3
- e) 0,2

19. (UFRJ 2002) Quatro gramas de uma amostra de certa substância são aquecidos em um calorímetro, por meio de uma fonte térmica que fornece uma potência constante de 5,0 W. A temperatura dentro do calorímetro e o tempo durante o qual a fonte está ligada são registrados e representados no gráfico da figura a seguir. Durante o processo de aquecimento da amostra, esta sofre uma mudança de fase do estado sólido para o estado líquido. Suponha que toda a energia fornecida pela fonte seja transferido para a amostra.



Utilizando as informações fornecidas pelo gráfico, calcule o calor latente de fusão da substância em J/g.

20. (UDESC 2009) O gráfico a seguir representa a variação da temperatura de 200,0 g de água, em função do tempo, ao ser aquecida por uma fonte que libera energia a uma potência constante.



A temperatura da água no instante 135 s e o tempo que essa fonte levaria para derreter a mesma quantidade de gelo a 0°C são respectivamente:

- a) 64°C, 200 s
- b) 64°C, 100 s
- c) 74°C, 80 s
- d) 74°C, 200 s
- e) 74°C, 250 s

E.5 – Equilíbrio térmico

1. (UERJ 2013) Considere duas amostras, X e Y, de materiais distintos, sendo a massa de X igual a quatro vezes a massa de Y.

As amostras foram colocadas em um calorímetro e, após o sistema atingir o equilíbrio térmico, determinou-se que a capacidade térmica de X corresponde ao dobro da capacidade térmica de Y.

Admita que c_X e c_Y sejam os calores específicos, respectivamente, de X e Y.

A razão $\frac{c_X}{c_Y}$ é dada por:

a) $\frac{1}{4}$

b) $\frac{1}{2}$

c) 1

d) 2

2. (UPF 2012) Dois blocos metálicos A e B, ambos de materiais diferentes, são colocados em contato no interior de um calorímetro ideal, de modo a isolá-los de influências externas. Considerando que a massa do bloco A (m_A) é igual ao dobro da massa do bloco B (m_B), o calor específico do bloco A (c_A) é igual à metade do calor específico do bloco B (c_B) e a temperatura inicial do bloco A (T_A) é igual ao triplo da temperatura inicial do bloco B (T_B), pode-se afirmar que, quando alcançado o equilíbrio térmico do sistema, a temperatura de equilíbrio (T_{eq}) será igual a:

a) T_B

b) $2 T_B$

c) $3 T_B$

d) $4 T_B$

e) 5 T_B

3. (MACKENZIE 2009) Um calorímetro de capacidade térmica $6 \text{ cal/}^\circ\text{C}$ contém 80 g de água (calor específico = $1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$) a 20°C . Ao se colocar um bloco metálico de capacidade térmica $60 \text{ cal/}^\circ\text{C}$, a 100°C , no interior desse calorímetro, verificou-se que a temperatura final de equilíbrio térmico é 50°C . A quantidade de energia perdida para o ambiente, nesse processo, foi de:

a) 420 cal

b) 370 cal

c) 320 cal

d) 270 cal

e) 220 cal

4. (UFPE 2002) Um calorímetro, de capacidade térmica desprezível contém 100g de água a $15,0^\circ\text{C}$. Adiciona-se no interior do calorímetro uma peça de metal de 200g , à temperatura de $95,0^\circ\text{C}$. Verifica-se que a temperatura final de equilíbrio é de $20,0^\circ\text{C}$. Qual o calor específico do metal, em $\text{cal/g}^\circ\text{C}$?

a) 0,01

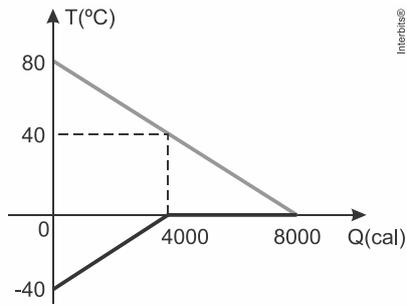
b) 0,02

c) 0,03

d) 0,04

e) 0,05

5. (G1 - IFSUL 2015) Em um calorímetro ideal, misturam-se certa massa de água no estado sólido (gelo) com certa massa de água no estado líquido. O comportamento da Temperatura (T) em função da Quantidade de energia (Q) para essa mistura é representado no gráfico.

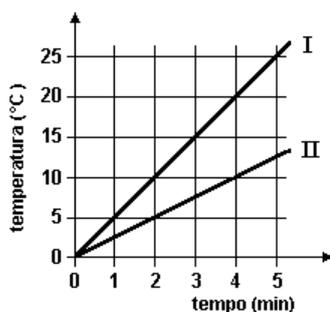


Sabe-se que esse conjunto está submetido à pressão de 1 atm, que o Calor Latente de Fusão do gelo é $L_F = 80 \text{ cal/g}$, que o Calor Específico do Gelo é $c_{\text{gelo}} = 0,5 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$ e que o Calor Específico da água é $c_{\text{água}} = 1 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$.

Qual é a massa de água no estado líquido no equilíbrio térmico?

- a) 50 g
- b) 100 g
- c) 150 g
- d) 300 g

6. (UnESP 1995) Massas iguais de água e óleo foram aquecidas num calorímetro, separadamente, por meio de uma resistência elétrica que forneceu energia térmica com a mesma potência constante, ou seja, em intervalos de tempo iguais cada uma das massas recebeu a mesma quantidade de energia. Os gráficos na figura adiante representam a temperatura desses líquidos no calorímetro em função do tempo, a partir do instante em que iniciou o aquecimento.



a) Qual das retas, I ou II, é a da água, sabendo-se que seu calor específico é maior que o do óleo? Justifique sua resposta.

b) Determine a razão entre os calores específicos da água e do óleo, usando os dados do gráfico.

7. (UnESP 2012) Clarice colocou em uma xícara 50 mL de café a $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, 100 mL de leite a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, para cuidar de sua forma física, adoçou com 2 mL de adoçante líquido a $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sabe-se que o calor específico do café vale $1\text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$, do leite vale $0,9\text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$, do adoçante vale $2\text{ cal}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ e que a capacidade térmica da xícara é desprezível.



Considerando que as densidades do leite, do café e do adoçante sejam iguais e que a perda de energia para a atmosfera é desprezível, depois de atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da bebida de Clarice, em $^{\circ}\text{C}$, estava entre

- a) 75,0 e 85,0.
- b) 65,0 e 74,9.
- c) 55,0 e 64,9.
- d) 45,0 e 54,9.
- e) 35,0 e 44,9.

APÊNDICE F – Prova de conhecimentos de Física Térmica

1. (FUVEST 1987) Uma piscina com 40 m^2 de área contém água com uma profundidade de $1,0 \text{ m}$. Se a potência absorvida da radiação solar, por unidade de área, for igual a 836 W/m^2 , o tempo de exposição necessário para aumentar a temperatura da água de 17°C a 19°C será aproximadamente:

- a) 100 segundos.
- b) 10.000 segundos.
- c) 1.000.000 segundos.
- d) 2.500 segundos.
- e) 25.000 segundos.

2. (FUVEST 1990) Um atleta envolve sua perna com uma bolsa de água quente, contendo 600 g de água à temperatura inicial de 90°C . Após 4 horas ele observa que a temperatura da água é de 42°C . A perda média de energia da água por unidade de tempo é:

Dado: $c = 1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ \text{C}$

- a) $2,0 \text{ cal/s}$
- b) 18 cal/s
- c) 120 cal/s
- d) $8,4 \text{ cal/s}$
- e) $1,0 \text{ cal/s}$

3. (CESGRANRIO 1990) Uma amostra de massa m recebe uma quantidade de energia Q e sua temperatura sofre uma pequena variação ΔT . O calor específico do material que constitui a amostra pode ser calculado aproximadamente por:

- a) $Q / (m \cdot \Delta T)$
- b) $m \cdot Q \cdot \Delta T$
- c) $(Q \cdot \Delta T) / m$
- d) $\sqrt{(Q / m \cdot \Delta T)}$
- e) $m \cdot Q^2 \cdot \Delta T^2$

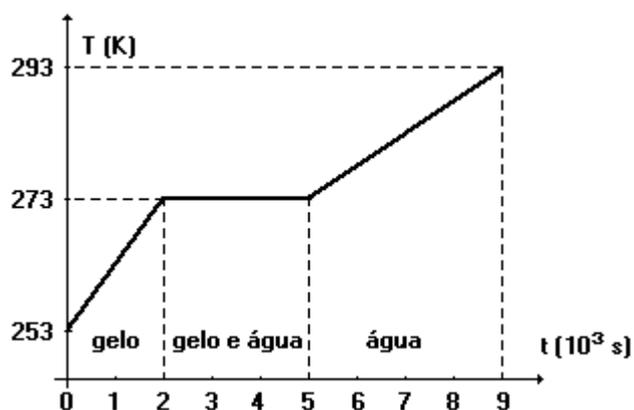
4. (FUVEST 1992) Adote: calor específico da água: $1,0 \text{ cal/g} \cdot ^\circ \text{C}$

Um bloco de massa $2,0 \text{ kg}$, ao receber toda energia térmica liberada por 1000 gramas de água

que diminuam a sua temperatura de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$, sofre um acréscimo de temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. O calor específico do bloco, em $\text{cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$, é:

- a) 0,2
- b) 0,1
- c) 0,15
- d) 0,05
- e) 0,01

5. (UnESP 1993) Sob pressão constante, eleva-se a temperatura de certa massa de gelo, inicialmente a 253 K , por meio de transferência de energia a taxa constante, até que se obtenha água a 293 K .



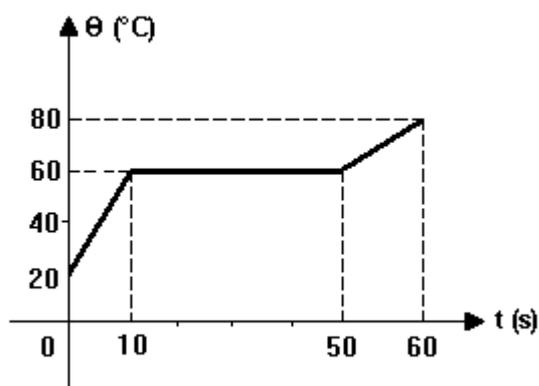
A partir do gráfico responda:

- a) Qual é o maior calor específico? É o do gelo ou da água? Justifique.
 - b) Por que a temperatura permanece constante em 273 K , durante parte do tempo?
- (Descarte a hipótese de perda de energia para o ambiente).

TEXTO PARA A PRÓXIMA QUESTÃO:

Uma fonte térmica, de potência constante e igual a 20 cal/s , fornece energia a um corpo sólido de massa 100 g . A variação de temperatura θ do corpo em função do tempo t é dada pelo gráfico a seguir.

6. (UEL 1994)



O calor específico da substância que constitui o corpo, no estado líquido, em $\text{cal/g}^\circ\text{C}$, vale

- a) 0,05
- b) 0,10
- c) 0,20
- d) 0,30
- e) 0,40

7. (FEI 1994) Quando dois corpos de tamanhos diferentes estão em contato e em equilíbrio térmico, e ambos isolados do meio ambiente, pode-se dizer que:

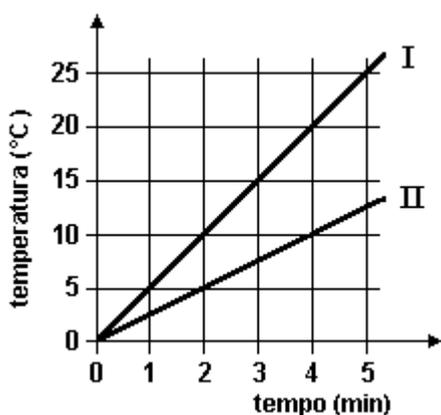
- a) o corpo maior é o mais quente.
- b) o corpo menor é o mais quente.
- c) não há troca de energia entre os corpos.
- d) o corpo maior cede energia para o corpo menor.
- e) o corpo menor cede energia para o corpo maior.

8. (UnESP 1994) Massas iguais de cinco líquidos distintos, cujos calores específicos estão dados na tabela adiante, encontram-se armazenadas, separadamente e à mesma temperatura, dentro de cinco recipientes com boa isolamento e capacidade térmica desprezível. Se cada líquido receber a mesma quantidade de energia, suficiente apenas para aquecê-lo, mas sem alcançar seu ponto de ebulição, aquele que apresentará temperatura mais alta, após o aquecimento, será:

TABELA	
líquido	calor específico ($\frac{J}{g^{\circ}C}$)
água	4,19
petróleo	2,09
glicerina	2,43
leite	3,93
mercúrio	0,14

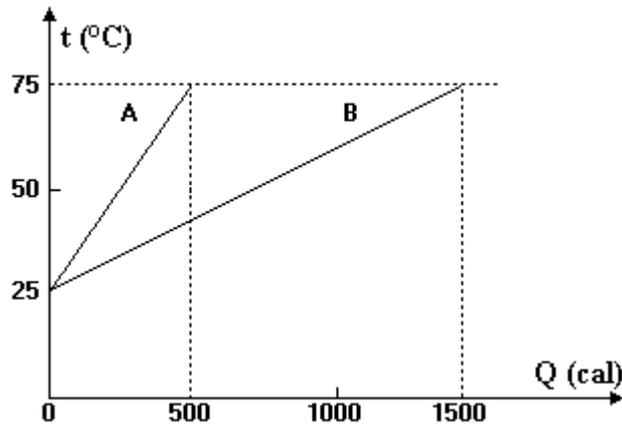
- a) a água.
- b) o petróleo.
- c) a glicerina.
- d) o leite.
- e) o mercúrio.

9. (UnESP 1995) Massas iguais de água e óleo foram aquecidas num calorímetro, separadamente, por meio de uma resistência elétrica que forneceu energia térmica com a mesma potência constante, ou seja, em intervalos de tempo iguais cada uma das massas recebeu a mesma quantidade de energia. Os gráficos na figura adiante representam a temperatura desses líquidos no calorímetro em função do tempo, a partir do instante em que iniciou o aquecimento.



- a) Qual das retas, I ou II, é a da água, sabendo-se que seu calor específico é maior que o do óleo? Justifique sua resposta.
- b) Determine a razão entre os calores específicos da água e do óleo, usando os dados do gráfico.

10. (UFMG 1995) O gráfico a seguir mostra como variam as temperaturas de dois corpos, A e B, cada um de massa igual a 100 g, em função da quantidade de energia absorvida por eles. Os calores específicos dos corpos A(c_A) e B(c_B) são respectivamente,



- a) $c_A = 0,10 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_B = 0,30 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- b) $c_A = 0,067 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_B = 0,20 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- c) $c_A = 0,20 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_B = 0,60 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- d) $c_A = 10 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_B = 30 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$
- e) $c_A = 5,0 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$ e $c_B = 1,7 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

11. (G1 1996) Se misturarmos duas massas iguais de substâncias A e B, que inicialmente estão em temperaturas diferentes, a temperatura da mistura será a média aritmética destas temperaturas?

12. (G1 1996) Imagine que um cubo de gelo seja retirado de um congelador e colocado em um copo com água da torneira. Nesse caso a água receberá energia do gelo ou é o gelo que receberá energia da água? Justifique.

Gabarito

1	2	3	4	5a	5b	6	7	8	9a	9b	10	11	12
b	a	a	d	Água	Mud. de Fase	b	c	e	Reta II	2	a	Não	Gelo recebe energia

APÊNDICE G – Pesquisa de opinião

Nome: _____

Opinário relativo ao desenvolvimento das aulas sobre Termologia

A seguir há diversas afirmações relativas às aulas sobre o conteúdo de Termologia. Você deve manifestar o seu grau de concordância ou discordância com cada uma das afirmativas em uma escala de cinco pontos: (DT) discordo totalmente, (D) discordo, (I) indiferente ou sem opinião, (C) concordo, (CT) concordo totalmente.

		(DT)	(D)	(I)	(C)	(CT)
1	Nas aulas práticas tive oportunidade de realizar atividades que me interessaram.					
2	O professor apresentou o conteúdo de forma clara e inteligível.					
3	O tempo dedicado ao estudo de Termologia foi adequado.					
4	As listas de exercícios foram adequadas ao conteúdo apresentado em aula.					
5	As atividades experimentais me ajudaram no processo de aprendizagem.					
6	Acredito que as aulas partiram de conhecimentos que eu já possuía.					
7	O texto O calor: do uso coloquial ao científico enriqueceu o debate em sala de aula.					
8	As atividades relacionadas aos vídeos sobre calorimetria me ajudaram no entendimento do conteúdo.					
9	Os materiais fornecidos auxiliaram na compreensão da Termologia.					
10	As aulas frustraram a minha expectativa.					
11	As aulas do projeto me agradaram mais do que as aulas tradicionais do professor.					
12	O projeto me ajudou a ter maior interesse pela Física.					
13	Acredito ter me aprimorado na interpretação de gráficos.					
14	Dediquei-me pouco aos estudos durante a aplicação da proposta.					
15	Os temas apresentados em aula não têm aplicação no dia a dia.					

- 8) Indique algum (ou mais) ponto(s) da proposta de ensino de Termologia que você julgue como positivo.

- 9) Você acredita ter aprendido os conceitos trabalhados em sala de aula? Justifique.

- 10) Após as atividades experimentais foram projetadas as respostas de alguns alunos para discussão. Você gostou desse método? Justifique.

- 11) Quanto às tarefas para serem feitas em casa, consideras que tenha tido tempo suficiente para respondê-las?

- 12) Você indicaria que essa proposta de ensino fosse aplicada em outras turmas? Justifique.

- 13) Quanto à tarefa dos vídeos e a lista de atividades a eles relacionados, gostaste desse tipo de tarefa? Justifique.

- 14) Pensando que essa proposta de ensinar vai ser usada novamente em outras turmas no ano que vem, o que poderia ser feito para melhorar?