

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ESTUDO DE CONCEITOS DA TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO POR MEIO  
DE UEPS

Marcos Pradella

Dissertação realizada sob a orientação do Prof. Dr.  
Marco Antônio Moreira, apresentada ao Instituto  
de Física da UFRGS em preenchimento parcial  
dos requisitos para a obtenção do título de Mestre  
em Ensino de Física

Porto Alegre  
2014

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela perfeita harmonia.

Especialmente à minha esposa Carolina, pela paciência, cumplicidade, apoio incondicional e preciosas contribuições neste trabalho e por sempre acreditar neste trabalho.

Ao Professor Dr. Marco Antônio Moreira pela orientação e contribuições neste trabalho.

Aos professores e colegas do MPEF pelas situações de aprendizado compartilhadas.

Aos alunos do Colégio Estadual Piratini pela acolhida e engajamento na proposta.

À minha grande família pelo apoio e compreensão nos momentos de estudo, em especial aos meus queridos pais, Therezinha e Nelson.

## RESUMO

Esta dissertação é o relato da aplicação de quatro Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) voltadas ao ensino de conceitos de Termodinâmica em uma escola pública de Ensino Médio. Nas unidades de ensino são abordados conceitos de temperatura, sua relação com a estrutura da matéria, dilatação, energia interna, calor, comportamento dos gases e a Primeira Lei da Termodinâmica, enfatizando especialmente as relações entre estes conceitos. As situações-problema abordadas são contextualizadas no dia-a-dia do estudante, com situações e perguntas instigantes e cativantes para o estudo do conteúdo proposto. Nesta aplicação, são utilizadas estratégias didáticas como a utilização de simulações interativas pertinentes aos conceitos desenvolvidos, aulas expositivo-dialogadas, resolução de exercícios, realização de avaliações, construção e apresentação de mapas conceituais. Como embasamento teórico, são utilizadas a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud.

Palavras-chave: Termodinâmica, Unidade de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), simulação interativa, aprendizagem significativa, campos conceituais.

## **ABSTRACT**

This dissertation is an account of the application of four Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU) focused on the teaching of concepts of thermodynamics in a public high school. In the teaching units are approached the concepts of temperature and its relationship with the material structure, expansion, internal energy, heat, behavior of gases and the First Law of Thermodynamics, especially addressing the relationships between these concepts. Problem situations discussed are contextualized in the daily life of the student with situations and questions exciting and captivating for the proposed content study. In this application, didactic strategies such interactive simulations, relevant to the developed concepts, dialogued lectures, problem solving, learning evaluations, construction and presentations of concept maps are carried out. As theoretical basis, are used the Theory of Meaningful Learning of Ausubel and the Theory of Conceptual Fields of Vergnaud.

**Keywords:** Thermodynamics, Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU), interactive simulation, meaningful learning, conceptual fields.

## Sumário

I. Introdução .....	7
II. Objetivos e metas.....	13
III. Trabalhos relacionados .....	13
IV. Referencial teórico .....	14
V. O que é uma UEPS.....	16
VI. Relato da aplicação das quatro UEPS.....	18
VI. I – UEPS 1: Temperatura e dilatação .....	18
VI. II – UEPS 2: Calor e Energia Interna .....	28
VI. III – UEPS 3: Pressão e comportamento dos gases .....	42
VI. IV – UEPS 4: Primeira Lei da Termodinâmica.....	52
VII. Produto educacional .....	59
VIII. Resultados e conclusões .....	60
VIII.I. Avaliação da aceitação das UEPS .....	60
VIII.II. Avaliação da aprendizagem decorrente da aplicação das UEPS.....	66
VIII.III. A modo de com de conclusão .....	80
IX. Referências bibliográficas .....	81
X. Apêndices .....	83
Apêndice A – Prova: escalas termométricas e dilatação .....	83
Apêndice B – Trabalho: conceito de calor e experimento de Joule .....	84
Apêndice C – Trabalho: quantidade de calor.....	85
Apêndice D – Trabalho: processos termodinâmicos .....	86
Apêndice E – Prova: transformações termodinâmicas .....	87
Apêndice F – Trabalho: Primeira Lei da Termodinâmica .....	88
Apêndice G – Produto Educacional.....	89
Proposta de UEPS: Temperatura e dilatação .....	91
Proposta de UEPS: Calor e Energia Interna .....	96
Proposta de UEPS: Pressão e comportamento dos gases .....	105
Proposta de UEPS: Primeira Lei da Termodinâmica .....	114

## Lista de figuras

<b>Figura 1:</b> Laboratório de Informática da escola .....	12
<b>Figura 2:</b> <i>Print</i> da tela da Animação <i>O Experimento de Joule</i> .....	31
<b>Figura 3:</b> <i>Print</i> da tela da Animação <i>O Experimento de Joule</i> .....	31
<b>Figura 4:</b> Demonstração de condução térmica .....	35
<b>Figura 5:</b> <i>Print</i> da tela da Animação <i>Processos Termodinâmicos</i> .....	47
<b>Figura 6:</b> <i>Print</i> da tela da Animação <i>Processos Termodinâmicos</i> .....	47
<b>Figura 7:</b> Lata sendo colocada na jarra .....	50
<b>Figura 8:</b> Lata sendo aquecida em banho-maria .....	50
<b>Figura 9:</b> Lata sendo retirada da jarra e vedada com a palma da mão.....	51
<b>Figura 10:</b> Início do amassamento da lata.....	51
<b>Figura 11:</b> Fim do amassamento da lata.....	51
<b>Figura 12:</b> <i>Print</i> da tela da Animação <i>Primeira Lei</i> .....	55
<b>Figura 13:</b> Primeiro mapa conceitual desenvolvido pelo grupo 1 .....	67
<b>Figura 14:</b> Primeiro mapa conceitual desenvolvido pelo grupo 3 .....	68
<b>Figura 15:</b> Primeiro mapa conceitual desenvolvido pelo grupo 4 .....	69
<b>Figura 16:</b> Mapa final da UEPS 1, construído pelo aluno 15, integrante do grupo 1	69
<b>Figura 17:</b> Mapa final da UEPS 1, construído pelo aluno 20, integrante do grupo 4	70
<b>Figura 18:</b> Mapa inicial da UEPS 2, construído pelo grupo 1 .....	71
<b>Figura 19:</b> Mapa inicial da UEPS 2, construído pelo grupo 2 .....	71
<b>Figura 20:</b> Mapa inicial da UEPS 2, construído pelo grupo 4 .....	72
<b>Figura 21:</b> Mapa final da UEPS 2, construído pelo grupo 1 .....	72
<b>Figura 22:</b> Mapa final da UEPS 2, construído pelo grupo 2.....	73
<b>Figura 23:</b> Mapa final da UEPS 2, construído pelo grupo 4.....	73
<b>Figura 24:</b> Mapa inicial da UEPS 3, construído pelo grupo 1 .....	75
<b>Figura 25:</b> Mapa inicial da UEPS 3, construído pelo grupo 3 .....	75
<b>Figura 26:</b> mapa conceitual final, apresentado pelo grupo 1 .....	77
<b>Figura 27:</b> mapa conceitual final, apresentado pelo grupo 2 .....	78
<b>Figura 28:</b> mapa conceitual final, apresentado pelo grupo 3 .....	79
<b>Figura 29:</b> mapa conceitual final, apresentado pelo grupo 4 .....	79

## Lista de tabelas

<b>Tabela 1:</b> Cálculo das variáveis termodinâmicas .....	52
<b>Tabela 2:</b> cálculo do trabalho sobre uma amostra de gás.....	57

## **I. Introdução**

Esta dissertação é a descrição do desenvolvimento de quatro Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) (Moreira, 2011) para conceitos de Termodinâmica. Estas UEPS foram aplicadas no Colégio Estadual Piratini, situado no bairro Auxiliadora em Porto Alegre, Rio Grande do Sul. A proposta foi aplicada no turno da manhã, em uma turma do 2º ano do Ensino Médio Politécnico. Baseado na experiência do autor do projeto junto ao colégio em questão pressupunha-se que os estudantes tinham conhecimentos básicos em informática e disponibilidade de acesso à internet extraclasse, além de conhecimentos relacionados à Termodinâmica adquiridos ao longo da vida, como temperatura, pressão atmosférica, gases, entre outros. Considera-se importante ressaltar que a proposta da abordagem dos conceitos feita por meio de UEPS foi divulgada e amplamente explicada para os estudantes, sendo que muitos ressaltaram seu interesse e muita motivação em participar de atividades de ensino diferenciadas daquelas abordadas tradicionalmente em sala de aula.

O Colégio Piratini está localizado em um bairro nobre da capital gaúcha e a maioria de seus alunos é oriunda de bairros próximos, mas também se podem encontrar alunos de bairros distantes e até de cidades próximas. É uma escola reconhecida por muitos pais que a procuram pela tradição, respeitado quadro funcional e por ofertar cursos de línguas estrangeiras em seu Centro de Línguas Estrangeiras Piratini (CLEP). Este reconhecimento da escola faz com que o colégio atenda um público diferenciado da maioria das escolas públicas estaduais de Porto Alegre, com filhos de pais que optam pela instituição em muitos casos, motivados pela confiança na educação pública de qualidade. Esta confiança é compartilhada pelos professores, diretores e funcionários da escola, criando, assim, um ambiente muito positivo para a promoção da educação. Em relação à Física, há uma preocupação da escola em manter uma carga horária que possibilite uma boa abordagem da disciplina, com três horas-aula em cada um dos anos do Ensino



Médio. Há quatro professores da disciplina, sendo que um dos professores desempenha a função de vice-direção do turno da manhã e, tendo sido aluno do Mestrado Profissional em Ensino de Física da UFRGS, deu total apoio ao desenvolvimento deste projeto na escola.

Nos últimos anos, a escola formara em média duas turmas no Ensino Fundamental, sendo estes alunos uma parcela pequena dos alunos no Ensino Médio, as demais turmas eram formadas de alunos oriundos de outras escolas. No ano de aplicação do projeto, 2013, possuía uma turma de sétima série e duas de oitava série do Ensino Fundamental, no turno da tarde, sendo que esta etapa da educação Básica deixaria de ser ofertada em dois anos e a escola passaria a ofertar apenas o Ensino Médio. Assim, no ano de aplicação do projeto, a escola possuía, nos três turnos onze turmas de primeiro ano, oito de segundo e sete do terceiro ano do Ensino Médio. O turno da manhã atendia em torno de 3/5 destes alunos.

O colégio estava em processo de transição da matrícula por disciplina (MPD) para o Ensino Médio Politécnico. Assim, no período de aplicação do projeto a escola possuía turmas de primeiro, segundo e terceiro anos com MPD e de primeiro e segundo anos do Ensino Médio Politécnico. A MPD possuía uma organização curricular semelhante àquela que se encontra em universidades, sendo que o estudante se matriculava nas disciplinas de forma independente. Cada turma possuía um horário com as onze disciplinas ofertadas em um turno e o estudante fazia sua matrícula em uma destas turmas. Se o estudante fosse reprovado em alguma disciplina, no ano seguinte cursaria novamente esta disciplina em turno inverso, cursando as demais disciplinas do ano seguinte na turma para qual foi aprovado. Esta matrícula apenas nas disciplinas nas quais o aluno é reprovado também é conhecida como dependência. Por exemplo, se um estudante do primeiro ano do turno da manhã fosse reprovado apenas na disciplina de Física (Física I), no ano seguinte ele cursaria as demais disciplinas com os mesmos colegas, na turma de segundo ano. Apenas deixaria de cursar a disciplina de Física do segundo ano (Física II), pois esta possuía como pré-requisito a Física I, que, por sua vez, seria ofertada e deveria ser cursada no turno da tarde. Uma vez aprovado em todas estas disciplinas, cursaria todas as disciplinas do terceiro ano no turno da manhã, inclusive

Física III, pois esta possuía apenas Física I como pré-requisito. No turno inverso, cursaria a disciplina de Física II e, uma vez aprovado em todas, terminaria o Ensino Médio em três anos. Havia também estudos de caso para conceder quebras de pré-requisito. O aluno somente permaneceria mais de três anos no Ensino Médio caso o número de disciplinas nas quais o estudante não obtivesse aprovação tornasse inviável a organização curricular ou o aprendizado deste. Na prática, isto resulta em um percentual de retenção menor que a média das escolas da Rede Estadual, que é de 21,7% em cada ano do Ensino Médio (SEDUC, p.5). Um argumento contra esta organização curricular é o da fragmentação do ensino e da dificuldade de se aplicar projetos interdisciplinares ou transdisciplinares em turmas com estudantes que não cursam todas as disciplinas. Entretanto, outros empecilhos dificultam a aplicação destes projetos nas escolas, como a formação dos professores, que também se dá de forma específica em uma área do conhecimento e, de certa forma, fragmentada. A falta de momentos de planejamento coletivo para a discussão destes projetos interdisciplinares também dificultava seu desenvolvimento.

O Ensino Médio Politécnico foi implantado em todas as escolas da Rede Estadual de Ensino do Rio Grande do Sul com o objetivo de que o ensino das áreas de conhecimento possa dialogar com o mundo do trabalho, interagir com as novas tecnologias, superar a imobilidade da grade curricular, a seletividade, a exclusão, e que, “priorizando o protagonismo do jovem, construa uma efetiva identidade para o Ensino Médio.” (SEDUC, p.6).

A nova proposta pedagógica da escola converge para as diretrizes contidas na Proposta Pedagógica para o Ensino Médio Politécnico, em vigor nas escolas a partir de 2012 e no que concerne à avaliação, cabe ressaltar que a avaliação “reafirma a opção por práticas democráticas”. (SEDUC, p. 19).

“Nessa perspectiva, a avaliação emancipatória insere-se no processo educacional como o eixo fundamental do processo de aprendizagem, não somente porque parte da realidade, ou porque sinaliza os avanços do aluno em suas aprendizagens, como também aponta no seu processo os meios para superação das dificuldades, mas, especialmente, porque se traduz na melhor oportunidade de refletir e rever as práticas na escola. (SEDUC, p. 20).

Também há uma nova organização curricular em eixos ou áreas do conhecimento, a saber: Ciências da Natureza, Ciências Humanas, Linguagens e suas Tecnologias e Matemática. A Física integra a área de conhecimento das Ciências da Natureza, juntamente com a Química e a Biologia.

Em relação à expressão dos aproveitamentos dos estudantes nas avaliações, no fechamento de cada trimestre ou ao final do ano letivo, a escola adota os seguintes conceitos: CSA (Construção Satisfatória de Aprendizagem), CPA (Construção Parcial de Aprendizagem) e CRA (Construção Restrita de Aprendizagem). Estes conceitos são atribuídos para área do conhecimento e, dentro destas, para cada disciplina da grade curricular que integra a área. Na escola, o conceito da área do conhecimento era definido em conselho de classe. Se, ao final do trimestre o estudante obtiver conceito diferente de CSA em uma área do conhecimento, no trimestre seguinte deverá ser acompanhado por um Plano Pedagógico Didático de Apoio (PPDA). Azevedo (2013) destaca que este plano visa superar as dificuldades apresentadas e terá seu término quando o aluno superar a dificuldade pedagógica. A responsabilidade deste plano é do coletivo de professores das áreas do conhecimento, tanto no planejamento, como na execução e avaliação e deve ser elaborado a partir das defasagens e dificuldades apresentadas pelo aluno. Para aprovação, o aluno deve ter conceito CSA em todas as áreas do conhecimento (Ciências da Natureza, Ciências Humanas, Linguagens e Matemática). De forma análoga ao que ocorre em cada trimestre, caso o estudante obtenha conceito diferente de CSA em uma área do conhecimento ao final do ano letivo, este deverá ser aprovado e cursar o ano seguinte, acompanhado por um Plano Pedagógico de Apoio Didático (PPDA) na área do conhecimento em questão. Caso o estudante não obtenha conceito CSA em duas ou mais áreas do conhecimento, deverá repetir o ano letivo.

Para o desenvolvimento de projetos interdisciplinares, há previsão de encontros semanais dos professores, nos quais se podem desenvolver projetos coletivos dentro e entre as disciplinas que integram os eixos de conhecimento e entre estes eixos.

Por ser o primeiro ano de implementação do Ensino Médio Politécnico nas turmas de segundo ano do Ensino Médio e pela falta de clareza e domínio coletivo na proposta, não havia uma exploração de todas as suas potencialidades por parte dos professores e alunos.

A seguir, será feita uma apresentação dos espaços físicos do Colégio Estadual Piratini.

A infraestrutura da escola conta com dois prédios, ambos com três pavimentos, sendo dois pavimentos deles com salas de aula, com aproximadamente seis em cada pavimento. Possui também duas quadras de esportes, pátio e dois saguões. Na sequência, serão detalhados apenas os espaços que, de acordo com o autor, poderiam ser adequados para o desenvolvimento das atividades propostas.

A escola possui salas de aula tradicionais, com quadro de giz e classes com cadeiras, dois projetores itinerantes, sala de informática e laboratório. Cada sala de aula é destinada a uma turma em cada turno, tradicionalmente distribuída e organizada. Os projetores e os laboratórios são compartilhados por todas as turmas e professores do turno, sendo que no período de aplicação do projeto o colégio possuía dezesseis turmas no período da manhã. A utilização destes recursos é agendada previamente, através de registro em um livro disponível na sala de recepção da escola.

O laboratório de informática está situado no mesmo pavimento das salas de aula dos segundos anos, o que facilitava a utilização da sala de aula e do laboratório de informática em uma mesma aula. Neste laboratório há 23 computadores, um projetor e um quadro branco. A sala está organizada em três colunas, sendo duas dispostas na parte central da sala com seis computadores cada, uma disposta na parede lateral com oito computadores e uma linha ao fundo, com três computadores. Parte desta organização pode ser vista na figura 1. Com esta disposição, a circulação do professor é facilitada, possibilitando o atendimento aos alunos através de dois corredores, além da distribuição dos estudantes em dois a dois com um de cada lado para interagirem. As atividades são desenvolvidas em grupos, pois nem todos os computadores apresentam condições de utilização. Por motivos variados, como a falta de mouse e teclado, sistema operacional ou aplicativos inoperantes,

apenas quinze computadores estavam com possibilidade de utilização para as atividades propostas, sendo necessária a instalação prévia de todos os arquivos necessários. Não havia conexão dos computadores com a rede mundial de computadores, impossibilitado, assim, a utilização de quaisquer aplicativos ou arquivos online ou pesquisas complementares. A escola também não dispunha, naquele momento, de um servidor responsável pela informática da escola, sendo assim, este setor estava com uma defasagem bastante significativa.



**Figura 1:** Laboratório de Informática da escola

O laboratório de ciências se situa no mesmo prédio das salas de aula do segundo ano do Ensino Médio. Entretanto, no período de aplicação do projeto o laboratório encontrava-se em reformas, sendo possível apenas o acesso aos materiais que foram utilizados para demonstrações, descritas nesta dissertação, no capítulo correspondente.

A escola também dispõe de um anfiteatro que foi utilizado para algumas apresentações finais dos estudantes. Este espaço também é compartilhado por todas as turmas da escola e depende de agendamento prévio, o que impossibilitou sua utilização para todas as apresentações finais, em função de seu uso para outras atividades.

## II. Objetivos e metas

O objetivo central do desenvolvimento das quatro Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) é proporcionar um aprendizado significativo aos estudantes, através da utilização dos materiais e dos recursos desenvolvidos e/ou relacionados para o ensino dos conteúdos abordados na proposta. Neste sentido, a elaboração das aulas e a seleção dos materiais, como artigos e animações, são feitas com vistas aos conceitos ausubelianos de *diferenciação progressiva* e *reconciliação integrativa*, (Moreira & Masini, 1982) conceitos estes que serão abordados neste texto, no tópico de referencial teórico. Ancoradas na Teoria de Campos Conceituais de Vergnaud, (Moreira, 2011) são propostas *situações* que possibilitem ao estudante, em um primeiro momento, reconhecer e, em um segundo momento, questionar e reelaborar para, finalmente, desenvolver a sua compreensão em relação aos assuntos abordados. A proposta é de que estes processos cognitivos se repitam ao longo de todas as *situações* propostas ao longo das atividades. Também objetiva-se a utilização da proposta por outros professores de Física, através da publicação do produto final na forma de um guia de atividades que contemplem as quatro UEPS aqui descritas, constante no Apêndice G (p. 89) desta dissertação.

## III. Trabalhos relacionados

Dentro da proposta de ensino de Termodinâmica, há trabalhos de Leila de Jesus Gonçalves (Gonçalves, 2005), destacando o uso de animações no estudo de Física Térmica, bem como textos de apoio. Há também animações desenvolvidas pelo autor deste projeto, em parceria com Roberto B. Acosta, Cristiano S. Varzim, Cilon E. C. Nunes e Cassio B. Andrade, sob a orientação de Silvio Luiz Souza Cunha e Liane Margarida Tarouco. Estas animações fazem parte do projeto RIVED – Rede Interativa Virtual de Educação (Felipe, 2003), as quais encontram-se disponíveis no site do Centro de Referência no Ensino de Física (CREF) do Instituto de Física da UFRGS (<http://www.if.ufrgs.br/cref/>). Os dois trabalhos supracitados foram utilizados

neste projeto, tanto como material de consulta e de preparação das aulas como material de apoio para os alunos.

Em relação ao desenvolvimento de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, temos os trabalhos de Adriane Griebeler (apud Moreira, 2011-a, pp. 56-57), voltado para o ensino de tópicos de Mecânica Quântica; Viviane A. Andrade (ibid, pp. 58-60); com foco no ensino de imunologia básica; Lairane Rekovsky, (Rekovsky, 2012) com a proposta de ensino de conceitos de Termodinâmica e Eletromagnetismo. Temos, ainda, o trabalho de Lisiane A. Pinheiro (Pinheiro, 2011), explorando o conteúdo de partículas elementares e interações fundamentais. Estes trabalhos foram importantes para a estruturação das UEPS propostas e também evidenciam as potencialidades do desenvolvimento desta estratégia em diferentes áreas do conhecimento.

Cabe registrar que, como a estratégia das UEPS é relativamente nova, são ainda poucos os trabalhos publicados nessa área.

#### **IV. Referencial teórico**

O referencial teórico utilizado está constituído basicamente pela **Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel** (1963, 2000) e pela **Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud** (1990).

O conceito central da teoria de Ausubel é o de **aprendizagem significativa** e, para que esta ocorra, é imprescindível a disponibilidade de conceitos e proposições relevantes (subsunçores) na estrutura cognitiva do aprendiz. A aprendizagem significativa ocorre quando novas informações interagem com os subsunçores, sendo ambos modificados nesse processo, estabelecendo, assim, relações que não são literais ou arbitrárias entre eles. Além disso, é necessário que a nova informação seja potencialmente significativa e que o aprendiz tenha uma predisposição para aprender. (Moreira & Masini, 1982 p. 95)

De acordo com Moreira e Masini, “Contrastando com a aprendizagem significativa, Ausubel define aprendizagem mecânica como sendo a aprendizagem

de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos existentes na estrutura cognitiva”. (ibid., pp. 8-9). A aprendizagem mecânica pode ocorrer por vários fatores, como a inexistência de subsunçores ou quando as informações não são potencialmente significativas, ou até mesmo quando o aprendiz não sente-se motivado. A aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa não são uma dicotomia, mas extremos de um contínuo. (Moreira, 1983 p. 22)

Quanto ao desenvolvimento de materiais instrucionais ou a programação do conteúdo de uma disciplina, a proposta ausubeliana é que “apresentam-se, inicialmente, as ideias mais gerais e inclusivas da disciplina e depois essas são progressivamente diferenciadas em termos de detalhe e especificidade” (Ausubel apud Araujo, 2005 p. 66). Este princípio programático é conhecido como *diferenciação progressiva*. A instrução deve contemplar também as relações desses conteúdos específicos, entre si e com as ideias gerais da disciplina, suas diferenças e similaridades, processo este que Ausubel define como *reconciliação integrativa* (ou reconciliação integradora). (Moreira, 1983 p. 63)

Ausubel ainda sustenta que, caso o aprendiz ainda não possua na sua estrutura cognitiva os subsunçores necessários para a aprendizagem de um novo conteúdo, podem ser utilizados *organizadores prévios*, que funcionam como uma espécie de pontes cognitivas provisórias.

Para Vergnaud, o conhecimento está organizado em *campos conceituais*. (Moreira, 2011 p. 206). “Campo conceitual é, para ele, um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição”. (Vergnaud apud Moreira, ibid.). Ainda, para ele, conceito pode ser entendido como um triplete de conjuntos de “Situações, Invariantes Operatórios e Representações Simbólicas” (Ibid, p. 210). Vergnaud usa o termo situação como sinônimo de tarefa, assim concebida pelo aluno. Este mesmo sentido será atribuído à palavra situação ao longo deste texto. Assim, destaca-se que é o conjunto das situações que dão sentido aos conceitos. Nessa linha, campo conceitual pode ser definido como um grande conjunto de situações, cujo domínio é lento, progressivo, com rupturas e continuidades. Os invariantes operatórios são



determinadas regras ou pertinências que o sujeito crê que se aplicam à realidade, às situações problema.

A unidade didática foi desenvolvida com base nestes conceitos, buscando uma estrutura que permita a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integrativa* dos conteúdos abordados, sendo que em cada momento do desenvolvimento dos conteúdos buscou-se favorecer o reconhecimento desta como uma *situação* que permitia que os estudantes dessem sentido aos conceitos abordados. Os exemplos, as propostas de trabalho e os exercícios propostos foram contextualizados. Desta forma, espera-se que sejam *situações* que tenham sentido para os aprendizes e que os motivem para o estudo dos conteúdos propostos e, em um contexto mais amplo, os motivem para a busca de novos conhecimentos.

## **V. O que é uma UEPS**

De acordo com Moreira (2011), uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) é uma sequência de ensino fundamentada teoricamente, voltada para a aprendizagem significativa de tópicos específicos de conhecimento. Somente há ensino quando há aprendizagem significativa, sendo o ensino o meio e a aprendizagem significativa, o fim. Para este fim, os materiais desenvolvidos devem ser potencialmente significativos. Pode-se destacar alguns princípios da construção de uma UEPS: o conhecimento prévio como a variável que mais influencia na aprendizagem significativa; predisposição do aprendiz a aprender significativamente; são as situações que dão sentido aos conceitos; o professor deve ser o provedor de situações-problema, organizando o ensino e mediando a captação de significados por parte do aluno; um episódio de ensino envolve aluno, docente e materiais educativos e objetiva levar o aluno a captar e compartilhar significados aceitos no contexto da matéria de ensino.

Moreira ainda destaca os passos de uma UEPS:

1. definição do tópico a ser abordado;

2. criar ou propor uma ou mais situações que levem o aluno a externalizar seu conhecimento prévio;

3. propor situações-problema, em nível bem introdutório, levando em conta o conhecimento prévio do aluno;

4. após exploradas as situações iniciais, deve-se apresentar o conhecimento a ser ensinado e aprendido, levando em conta a diferenciação progressiva;

5. em continuidade, retomar os aspectos mais gerais do conteúdo da unidade de ensino, em nova apresentação, porém em nível mais alto de complexidade em relação à primeira apresentação e promover a reconciliação integradora;

6. concluindo a unidade, retomar as características mais relevantes, (diferenciação progressiva) com uma perspectiva integradora, ou seja, buscando a reconciliação integrativa. Novas situações-problema devem ser propostas e trabalhadas em níveis mais altos de complexidade em relação às situações anteriores;

7. a avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feita ao longo de sua implementação e, além disso, deve haver uma avaliação somativa individual após o sexto passo;

8. Somente podemos considerar a UEPS exitosa se a avaliação do desempenho dos alunos fornecer evidências de aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa é progressiva, o domínio de um campo conceitual é progressivo; por isso, a ênfase em evidências, não em comportamentos finais.

## **VI. Relato da aplicação das quatro UEPS**

Ao longo da implementação das UEPS, foram elaborados textos de autoria própria, a partir de artigos, exercícios e textos de livros, especialmente o livro didático adotado pela escola e distribuído para os estudantes, de autoria de Alberto Gaspar (Gaspar, 2010). Também foi feito o uso de animações interativas e textos disponíveis no site do Centro de Referência para o Ensino de Física – CREF do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

O projeto foi aplicado no ano de 2013, com início no mês de abril e concluído em novembro. Nas aulas que antecederam o desenvolvimento das UEPS foram feitas revisões de conteúdos anteriores, pertinentes aos propostos nas mesmas. Este período também foi importante para o reconhecimento mútuo entre professor e turma, construção de grupo de e-mails e desenvolvimento deste canal de comunicação. A grade curricular da escola em que o projeto foi desenvolvido prevê, para a Física, três períodos semanais de 50 minutos, sendo dois destes aglutinados, totalizando, assim, dois encontros semanais. A aplicação das UEPS não foi sincronizada com a divisão de avaliações em trimestres. Para o fechamento do conceito trimestral, foram levadas em consideração as avaliações desenvolvidas nas UEPS dentro do período correspondente.

Na sequência é feito o relato da aplicação das UEPS, encontro a encontro.

### **VI. I – UEPS 1: Temperatura e dilatação**

#### **Primeiro encontro (2 períodos)**

*Situação Inicial: introdução à Termodinâmica.*

Foi realizada uma explanação sobre os conceitos a serem abordados e as metodologias utilizadas na unidade didática. Após, foi realizada uma tempestade de ideias sobre a Termodinâmica e os assuntos abordados nesta área de estudo. Neste momento, os alunos foram instigados a lançar ideias sobre o tópico proposto, enquanto o professor anotava as mesmas no quadro negro. De início, os estudantes ficaram receosos com a proposta, mas aos poucos foram surgindo ideias. Nenhuma

contribuição, mesmo que muito pouco relacionada com os temas abordados foi excluída da listagem neste primeiro momento. Esta valorização nas falas dos estudantes fez com que houvesse uma maior participação, pois minimizou o receio de participar da atividade. Logo a turma estava mais à vontade e surgiram muitas ideias.

Assim, foram listadas muitas palavras e expressões, como por exemplo: expansão, aumento das dimensões, termômetro, febre, calor, frio, Celsius, etc. As palavras foram organizadas em um mapa conceitual, ao mesmo tempo em que se foi explicando passo a passo a construção do mapa e as associações das ideias.

Durante a construção do mapa, foram solicitadas maiores explicações acerca das palavras e o porque elas foram ditas, buscando as associações mentais feitas pelos estudantes dentro do contexto proposto. Por exemplo: a aluna que falou "febre" justificou que a febre era caracterizada por um aumento da temperatura do corpo humano. Assim, no mapa conceitual foi colocada a temperatura "normal" do corpo humano e a temperatura acima da qual é considerada febre. Ainda, neste contexto foi discutido o estado febril.

É interessante destacar, também, a palavra "calor" dita e explicada por outro aluno, que evidenciou a concepção prévia de que calor e temperatura são equivalentes<sup>1</sup>. A explicação também evidenciou que a palavra calor estava relacionada com o sentido tátil, de conforto ou desconforto térmico. Foi explicado pelo professor que a aplicação do termo calor com este sentido é válida em contexto informal ou, ainda, quando se trata de descrever sensações. No entanto, foi enfatizado que, para a Física, o termo calor refere-se à troca de energia e que este assunto seria abordado detalhadamente em outro momento (vide segunda Unidade de Ensino). Esta primeira parte da atividade teve uma duração aproximada de uma hora.

Na sequência, foi proposta a atividade que seria realizada no tempo restante do encontro e no próximo: a construção de um mapa conceitual a partir das ideias dos integrantes de cada grupo relacionados à Termodinâmica e a construção de um

---

<sup>1</sup> é comum ouvirmos na previsão do tempo "hoje fará calor de 40 graus centígrados". Segundo a linguagem da Física, o correto deveria ser "a temperatura deverá atingir o valor de 40 graus Celsius"

pequeno texto explicativo deste mapa. Foram organizados seis grupos, sendo que o número máximo de alunos por grupo era de cinco integrantes. A proposta inicial seria a formação de grupos de quatro integrantes, mas o número grande de grupos prejudicaria o atendimento do professor para o esclarecimento de dúvidas. A atividade iniciou de forma confusa, com cada grupo solicitando mais explicações de como deveria iniciar a atividade. A sugestão foi que iniciassem com uma lista de palavras e anotações das possíveis relações entre elas. O esboço do mapa deveria ser feito em uma folha de caderno, preferencialmente a lápis para que pudesse ser readequado pela inserção de novas palavras ou estabelecimento de novas conexões. No final do período, foi solicitado aos estudantes que trouxessem para a próxima aula uma lista de palavras que julgassem ter relação com os assuntos temperatura e dilatação.

### **Segundo encontro (1 período)**

#### *Sondagem inicial*

Após a organização física dos grupos para a construção dos mapas, os estudantes iniciaram a atividade, já com um pouco mais de segurança em relação ao último encontro. É interessante ressaltar que boa parte do grupo já conhecia a estratégia, uma vez que no ano anterior haviam tido o contato com mapas conceituais em outra disciplina. O professor atendeu aos grupos neste processo, esclarecendo dúvidas e dando sugestões para a organização dos mapas e construção dos textos. Ao final do período, foram coletados os mapas, acompanhados dos textos explicativos, que são a sondagem inicial da UEPS proposta.

### **Terceiro encontro (2 períodos)**

#### *Situações-problema iniciais*

As seguintes questões foram transcritas no quadro-negro: I – Para o que serve um termômetro? II – Como um termômetro pode ajudar a compreender como é a estrutura da matéria? III – O que você entende por temperatura? Estas perguntas foram, então, discutidas entre o grupo, sob a orientação do professor.

Algumas palavras-chave de respostas verbais foram anotadas no quadro-negro. Não foram construídas sentenças inteiras no quadro-negro, os estudantes foram desafiados a redigirem suas respostas no caderno, pois não há uma única resposta correta para estes questionamentos.

A primeira questão envolve uma resposta absolutamente simples e o intuito desta era encorajar os estudantes a participarem da discussão. Rapidamente surgiram respostas referentes à função do termômetro de "medir a temperatura de um corpo". As primeiras falas estavam mais relacionadas à medida da temperatura do corpo humano (discutida na aula inicial desta UEPS). Logo surgiram respostas referentes à medida da temperatura de objetos, de substâncias no estado líquido, de medida de temperatura ambiente. Neste momento, o professor discorreu sobre como funciona um termômetro de bulbo e foi sugerida aos estudantes a leitura extraclasse da seção *Conhecendo um pouco mais* (Gaspar, 2010, pp. 302 a 308). No texto sugerido, é abordada a história dos termômetros e das escalas termométricas, relações entre as escalas e tipos de termômetros.

A segunda pergunta não rendeu muita discussão, apenas respostas relacionadas ao aumento e a diminuição da temperatura e a mudança de estado, não havendo relação por parte dos estudantes com os modelos atômicos já estudados na disciplina de Química.

A terceira questão suscitou novamente o tema "calor", mais uma vez associado às sensações de desconforto causadas pela alta temperatura ambiente. Surgiu também a expressão "medida", mas ainda não relacionada diretamente com a agitação das moléculas, mas com a medida efetuada por um termômetro. A discussão durou cerca de 20 minutos.

Após, deu-se início à segunda parte da proposta, um aprofundamento dos temas iniciais. Esta foi uma aula teórico-expositiva de aproximadamente uma hora, na qual foram discutidos os seguintes tópicos: 1. Temperatura e modelos de estrutura da matéria – como a medida macroscópica pode dar credibilidade ao modelo microscópico. 2. A temperatura e a energia interna de um corpo. Na abordagem destes tópicos, foi dada ênfase aos modelos de estrutura da matéria para exemplificar a relação entre variáveis mensuráveis e modelos teóricos (neste

caso, a temperatura e sua relação com a energia de agitação de átomos e moléculas).

A proposta da aula teve um retorno muito positivo dos estudantes, constatado a partir da elaboração, por parte destes, de perguntas acerca dos modelos de estrutura da matéria, permitindo, assim, um aprofundamento na exploração deste assunto. Ao final da aula, foi feita apenas uma introdução ao conteúdo de escalas termométricas.

#### **Quarto encontro (2 períodos)**

Este encontro ocorreu uma semana após o encontro anterior, tendo em vista que houve um feriado – Sexta-feira Santa – no dia que corresponderia ao encontro de um período. A aula foi iniciada com uma explanação acerca das principais escalas termométricas atualmente utilizadas e suas construções históricas. Primeiramente foi explorada a escala Celsius, pois esta faz parte do cotidiano de todos os estudantes. Na sequência, foi abordada a escala Fahrenheit e sua história. No quadro, foram desenhados pelo professor dois termômetros, sendo destacadas duas temperaturas: a que corresponde ao ponto triplo da água ( $0^{\circ}\text{C}$  e  $32^{\circ}\text{F}$ ) e a que corresponde ao ponto de ebulição da água ( $100^{\circ}\text{C}$  e  $212^{\circ}\text{F}$ ), ambos os fenômenos com amostras sob a pressão de 1,0 atmosfera, destacado pelo professor. A partir destes valores foi construída a relação matemática entre as escalas, tendo em vista que ambas são lineares.

#### **Quinto encontro (2 períodos)**

*Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade.*

Este encontro ocorreu uma semana após o encontro anterior, tendo em vista que o professor esteve impossibilitado de comparecer à aula por problemas de saúde. A aula foi iniciada com uma revisão das escalas de medida de temperatura abordadas no encontro anterior – Escalas Celsius e Fahrenheit – e a relação entre estas. A seguir, foi levantada a seguinte questão pelo professor: Como comparar duas temperaturas, a máxima e a mínima, em Porto Alegre, sendo um valor negativo e outro positivo? Esta comparação entre temperaturas pode ser útil quando se pretende inferir como se comportam outras variáveis, como pressão e volume, o que pode ajudar na previsão do comportamento de um sistema. Foi levantada a hipótese

de haver a possibilidade de previsão até para um sistema como muitas variáveis, como a atmosfera. Foi ponderado que, com as escalas vistas até então, não é possível estabelecer comparativos, seja através de razões, seja através de diferenças percentuais, pois os valores nulos ou negativos prejudicam estas análises. Na sequência, foi trazido pelo professor um pouco da história de como foi estabelecida a escala absoluta de temperatura, a partir da relação entre a variação do volume de um gás em função da sua temperatura, mantida a pressão constante (transformação isobárica) e a partir da relação entre a variação da pressão de um gás em função da sua temperatura, mantido o volume constante (transformação isométrica). Dessa forma, foi apresentada a escala Kelvin e sua relação com a escala Celsius. No final da aula, os estudantes foram motivados para fazer a leitura da seção *Conhecendo um pouco mais* (Gaspar, 2010, pp. 302 a 308), já sugerido anteriormente, no terceiro encontro.

### **Sexto encontro (1 período)**

O sexto encontro foi iniciado com as informações das temperaturas máxima e mínima registradas na cidade de Porto Alegre. De acordo com o INMET, as maiores e menores temperaturas oficialmente registradas na cidade foram, respectivamente, 40,7°C, no dia 1º de janeiro de 1943 e -4,0°C no dia 11 de julho de 1918. Na escala absoluta, estes valores são, respectivamente, 313,85K e 269,15K. A diferença percentual entre as temperaturas, em relação à mínima, é de 16,6%. Na sequência, foi discutida com os estudantes qual seria a diferença percentual na temperatura durante um dia, tomando como exemplo uma variação de temperatura de 15°C ou 15K. A partir desta abordagem, os estudantes manifestaram sua surpresa pelo fato de que a variação percentual na temperatura durante o dia ser muito menor do que o esperado (apenas da ordem de 4%), visto que a sensação e a quantidade de agasalhos utilizados durante o dia pode mudar radicalmente. No final da aula foi discutida a relação entre a ampla gama de variáveis, que estão inter-relacionadas, e a dificuldade da previsão do tempo.

### **Sétimo e oitavo encontros (3 períodos)**



O sétimo e o oitavo encontros foram destinados à resolução de exercícios. Foram propostas duas listas de questões, uma transcrita no quadro-negro e outra selecionada do livro didático, totalizando dez questões. Ambas as listas envolviam exercícios de relações entre escalas termométricas, visando abordar as relações matemáticas entre diferentes escalas, ou ainda, entre variações de medidas em colunas de mercúrio e escalas termométricas. Os estudantes realizaram esta atividade individualmente, com auxílio do professor ou de colegas, através de explicações. Foi constatada uma dificuldade por parte de alguns alunos na resolução de operações algébricas, o que fez com que o professor resolvesse alguns exercícios no quadro, explicando detalhadamente cada operação, desde contas de multiplicação e divisão até operações algébricas. Esta tentativa de minimizar as defasagens diagnosticadas fez com que as atividades, inicialmente previstas para serem realizadas em um encontro de um período, fossem concluídas em dois encontros. No sétimo encontro, foi marcada uma avaliação, a ser realizada no décimo quarto encontro, ou seja, dezoito dias após o sétimo encontro. Esta avaliação seria uma prova, individual e sem consulta. Na primeira parte do oitavo encontro foi terminada a lista de exercícios e na segunda parte foram corrigidos todos os exercícios propostos.

### **Nono encontro (1 período)**

*Novas situações-problema.*

As seguintes questões foram transcritas no quadro-negro: I – Como a mudança na temperatura de um corpo modifica suas dimensões? II – Como podemos descrever matematicamente a mudança nas dimensões de um objeto? III – Quais mudanças nas dimensões são significativas? Estas perguntas foram, então, discutidas entre o grupo, sob a orientação do professor. Algumas palavras-chave de respostas verbais foram anotadas no quadro negro. Não foram construídas sentenças inteiras no quadro-negro, os estudantes foram desafiados a redigirem suas respostas no caderno.

Esta aula repete a estrutura daquela proposta no terceiro encontro e, ao perceberem a proposta, boa parte do grupo já se motivou para a discussão. Assim,

foi uma aula que teve grande fluidez para a construção de repostas às perguntas. Para a primeira questão, surgiram respostas do senso comum e que descrevem corretamente algumas situações como, por exemplo, a questão do balão, onde um gás é aquecido e se expande. Surgiu o termo expansão, indistintamente para sólidos, líquidos ou gases e sempre se relacionando com o aumento da temperatura. Assim, as respostas relacionavam o aumento da temperatura com a expansão dos corpos. O professor então propôs o termo dilatação, válido para aumento ou diminuição das dimensões de sólidos e líquidos. Assim, o termo expansão foi reservado às variações de volume sofridas por um gás.

Para a discussão da segunda pergunta, já haviam surgido contribuições durante a discussão da primeira, no sentido de que, se a temperatura aumenta, as dimensões aumentam. Assim, o professor colocou a ideia de proporcionalidade entre estas variáveis, mais especificamente entre variação do volume e variação da temperatura. A discussão desta questão precisou ser mais guiada, sendo propostas as relações de proporcionalidade entre variação de volume e volume inicial e a constante de proporcionalidade, que depende do material ou, ainda, o coeficiente de dilatação. Assim, foi escrita no quadro a relação  $\Delta V = V_0 \gamma \Delta T$  e foi destacado que a relação se aplica em situações nas quais a pressão sobre os corpos é mantida constante. Também foram dados os valores de alguns coeficientes de dilatação de sólidos e líquidos, ressaltando-se que as mudanças nas dimensões são muito pequenas. Mesmo assim, estas variações requerem alguns cuidados, como a colocação de juntas de dilatação em construções como pontes e tubulações, por exemplo.

Inicialmente, esta aula estava prevista para ser realizada em dois períodos, mas a alteração no cronograma ocorrida no sétimo encontro fez com que a dinâmica proposta ocorresse em duas partes. Assim, a discussão da terceira pergunta ocorreu no próximo encontro.

### **Décimo encontro (2 períodos)**

*Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade.*

O décimo encontro iniciou com a discussão da seguinte pergunta, transcrita no quadro: “Quais mudanças nas dimensões são significativas?” Foi feita uma breve retomada da discussão da aula anterior e, a seguir, os estudantes foram convidados a observar algumas estruturas da sala de aula:

- o vidro da janela sala (medido com uma trena, trazida pelo professor), com dimensões de 50cm X 40 cm e com espessura estimada em 0,3 cm;
- a armação desta janela, formada a partir de barras com perfil em “L”, soldadas em forma de retângulo, sendo cada segmento com dimensões de 40 ou 50 centímetros, e com largura do perfil de 1 cm e espessura de 0,1 cm;
- uma barra de madeira, utilizada como moldura de um mural de exposição de trabalhos, com dimensões de 2m X 0,04m X 0,02m.

Os valores das dimensões de cada objeto medido foram escritos no quadro e o professor propôs duas perguntas, instigando os estudantes: quais medidas variam frente à variação da temperatura? Um estudante respondeu que todas as medidas iriam sofrer alteração. A seguir, foi repetida a pergunta, colocando-se mais uma consideração: quais medidas variam de forma significativa frente à variação da temperatura? O mesmo estudante ponderou que as dimensões maiores sofreriam maior variação. A partir disto, o professor explanou sobre o modelo de expansão térmica volumétrica de sólidos e líquidos, seus limites de validade e suas aproximações, para duas dimensões (expansão térmica superficial) e para uma dimensão (expansão térmica linear). Durante a explanação foi discutido o que é um modelo para a ciência, qual seu limite de validade e quais aproximações são feitas, tomando como exemplo o modelo discutido. Esta explanação foi baseada nas considerações feitas por Brandão, Araujo & Veit (2010) em seu trabalho sobre modelagem científica. Então, foi escrito no quadro-negro um pequeno texto, resumindo a explanação, onde foram escritas as equações da dilatação em uma e duas dimensões e as aproximações para os coeficientes, sendo  $\alpha = \gamma/3$  e  $\beta = 2\alpha$ , respectivamente. Uma estudante perguntou acerca da possibilidade de uma mesa de vidro quebrar quando um prato quente é colocado sobre esta, pois havia ouvido falar sobre o fenômeno. Foi explicado pelo professor sobre o “choque térmico”, sendo que a dilatação se dá de formas desiguais em diferentes partes do corpo e,

eventualmente, as forças de tensão não são suportadas pelas moléculas, podendo haver fissuras ou estilhaçamento do objeto. No final da aula, os estudantes foram motivados para fazer a leitura da seção *Conhecendo um pouco mais* (Gaspar, 2010, pp. 309 a 311). O texto sugerido versa sobre juntas de dilatação.

### **Décimo-primeiro e décimo-segundo encontros (3 períodos)**

O décimo segundo encontro iniciou com um exemplo de dilatação, no qual foi calculada qual seria a dilatação sofrida pelo vidro da janela e pela estrutura de ferro que o mantém preso. O enunciado e a resolução foram colocados no quadro-negro. Na sequência, os estudantes iniciaram a resolução de exercícios propostos, envolvendo o conteúdo de dilatação. Foram sugeridas questões do livro didático, sendo um total de dez exercícios. As questões envolviam cálculos de dilatação, análise de gráficos, além de interpretação conceitual do fenômeno de dilatação. Os estudantes realizaram esta atividade individualmente, com auxílio do professor ou de colegas, através de explicações. A resolução destes exercícios foi feita em dois períodos, sendo um em cada encontro.

Na segunda parte do décimo-segundo encontro foram feitas as correções dos exercícios propostos no encontro anterior. A dinâmica de correção foi conduzida pelo professor, no quadro-negro e demorou um período para ser concluída. Assim, as atividades envolvendo exercícios fizeram com que houvesse um atraso na execução do cronograma da UEPS, pois havia sido planejado um período para estas atividades.

### **Décimo-terceiro encontro (1 período)**

#### *Reconciliação integradora*

Neste encontro foi abordado o tema “A temperatura, sua variação e as consequências em um corpo, com ênfase na estrutura da matéria”. Foi retomada a definição de temperatura enquanto medida da energia cinética média das moléculas. Assim, a temperatura está diretamente associada à agitação molecular. Como o volume ocupado por cada molécula depende, além do tamanho desta, da sua vibração, um aumento na temperatura pode resultar em um aumento nas suas

dimensões. Foi destacado o papel da ligação entre os átomos e também discutida a dilatação anômala da água. Foram discutidos o modelo de dilatação térmica e as aproximações deste. O professor fez uma explanação e, após, um resumo no quadro-negro.

### **Décimo-quarto encontro (2 períodos)**

#### *Avaliação final*

Avaliação individual, sem consulta. Foi realizada a prova marcada no sétimo encontro, sendo propostas nesta avaliação questões do conteúdo abordado, sendo parcialmente voltadas aos mapas conceituais. Esta avaliação foi a avaliação final desta UEPS e está nos Apêndices desta dissertação (Apêndice A, p.83).

### **Décimo-quinto encontro (1 período)**

#### *Reconciliação integradora*

Reconciliação integradora: devolução das avaliações e correção destas com o grupo. Levantamento das questões que mais suscitaram dúvidas e proposta de resposta por parte do grupo. É importante ressaltar que esta retomada deu-se dois dias após a realização das provas, assim, alguns estudantes manifestaram ter “aprendido” melhor a matéria com esta retomada, sendo este um dos objetivos do rápido retorno.

## **VI. II – UEPS 2: Calor e Energia Interna**

### **Primeiro encontro (2 períodos)**

#### *Situações iniciais*

Situação inicial: as seguintes perguntas foram transcritas no quadro-negro: I – Como podemos alterar a temperatura de um corpo? II – O que ocorre quando a temperatura de um corpo varia? As perguntas foram discutidas com os estudantes, sendo que surgiram respostas como “podemos alterar a temperatura de um corpo colocando-o sobre o fogão ou na geladeira...”. O professor complementou que, em resumo, estamos acrescentando ou retirando energia do corpo através destes

procedimentos sugeridos. Para a segunda pergunta, surgiram diversas colaborações, relacionadas ao conteúdo já visto, como “as moléculas se agitam mais (ou menos)”, “o corpo aumenta (ou diminui) suas medidas”, “o corpo pode trincar”. Ao serem questionados pelo professor sobre o que ocorre com um pedaço de gelo ao ser exposto ao ambiente ou ser jogado em uma jarra com água, um estudante respondeu que este passa para o estado líquido. Assim, o professor ressaltou que pode haver mudança de estado físico, lembrando as escalas termométricas e as temperaturas do ponto triplo e de ebulição da água.

Na segunda parte do encontro, foram discutidos os termos “calor”, “temperatura”, “frio” (fonte fria) e “quente” (fonte quente): as relações e as diferenças entre conceitos do cotidiano e da Termodinâmica. No quadro-negro, foi feito um paralelo entre as sensações e as nomenclaturas utilizadas na Física. Foram desenhadas duas situações: um iglu, com temperatura interna de  $0^{\circ}\text{C}$  e temperatura externa de  $-20^{\circ}\text{C}$  e um ônibus, com temperatura interna de  $40^{\circ}\text{C}$  e temperatura externa de  $35^{\circ}\text{C}$ . Foi ponderado que os termos frio e calor são utilizados no cotidiano e, no que diz respeito a sensações, suas aplicações estão corretas. No entanto, para a Física, independentemente das sensações que uma pessoa está sujeita, os termos fonte fria e fonte quente referem-se sempre às temperaturas de sistemas termodinâmicos, que podem ser objetos, ambientes, amostras de gás ou de água, etc. No caso do iglu, a parte externa deste (ambiente ou o ar no exterior) pode ser considerada como uma fonte fria, enquanto a parte interna pode ser considerada a fonte quente. No caso do ônibus, a relação é semelhante e é esta diferença de temperatura que define qual é o sentido natural do fluxo de energia. Esta explanação durou cerca de trinta minutos.

### **Segundo encontro (1 período)**

#### *Sondagem inicial.*

Construção de um mapa conceitual envolvendo os significados atribuídos à palavra calor, em especial o significado do termo no senso comum. Esta construção foi feita em grupos, com até cinco integrantes que compartilharam significados para

o tema proposto e procederam à construção do mapa e de um texto explicativo. Este mapa é a sondagem inicial da UEPS 2.

### **Terceiro encontro (2 períodos)**

*Situação-problema inicial: a construção histórica do conceito de “calor”.*

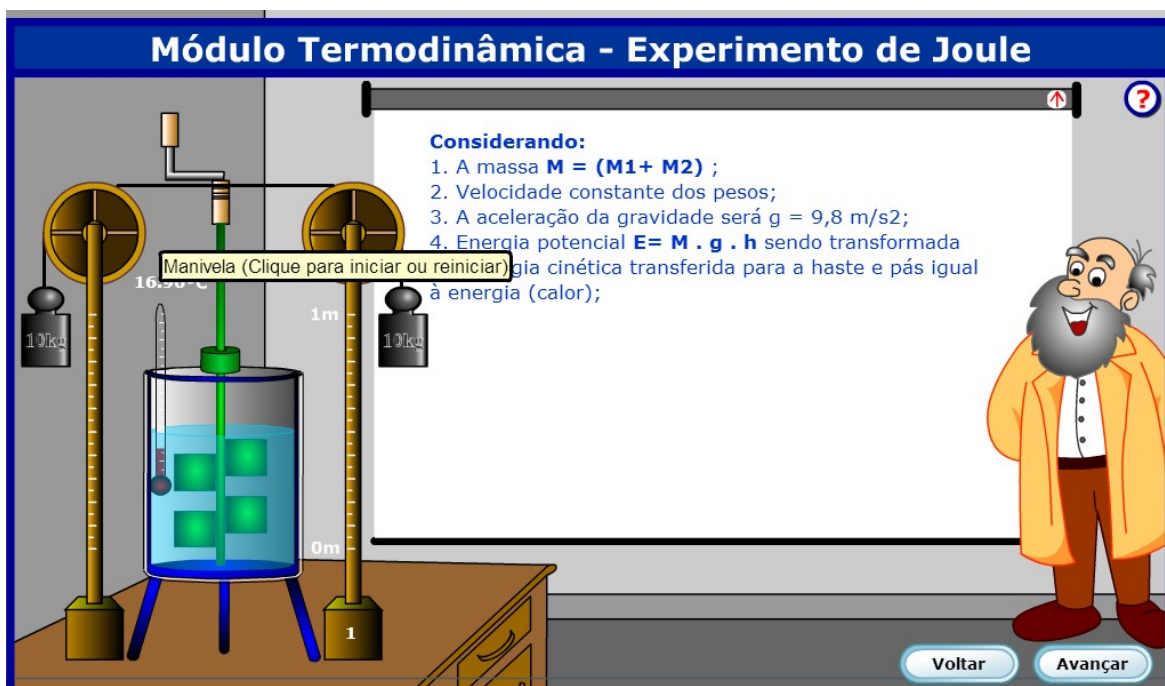
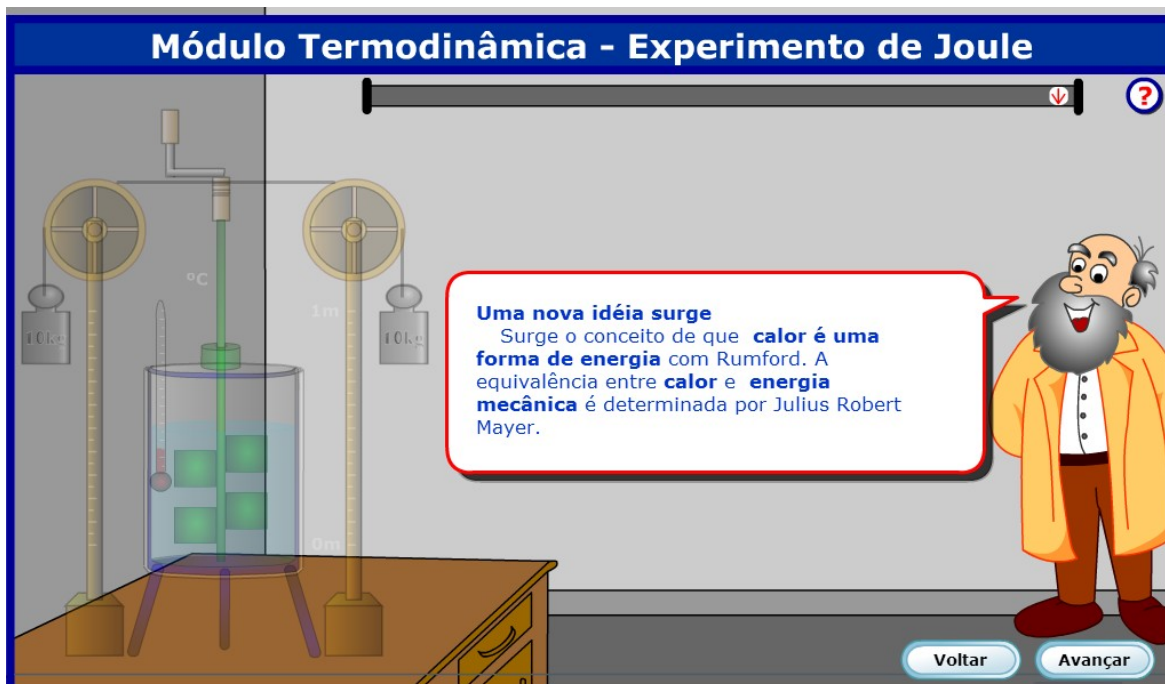
O terceiro encontro iniciou em sala de aula, onde o professor explicou o que seria abordado na sala de informática. Como a sala não dispunha de acesso à internet, foram instalados em todos os computadores os arquivos necessários para a exibição da animação proposta: *O Experimento de Joule*<sup>2</sup>. Assim, os alunos deveriam abrir uma pasta na área de trabalho dos computadores e o arquivo correspondente à animação. Após as orientações, os estudantes foram encaminhados para a sala de informática. A sala dispunha de quinze computadores em funcionamento, nos quais a animação poderia ser exibida, sendo assim, os estudantes deveriam se organizar em duplas. Ao abrir a sala de informática, houve uma disputa entre os estudantes pelos “melhores” computadores, fato que se resolveu após a intervenção do professor. Houve ainda orientações coletivas e individuais, até que todos tivessem as animações funcionando corretamente.

Esta animação é interativa e os estudantes podem navegar através dos botões “Avançar” e “Voltar” e obter explicações do objeto de aprendizagem através do botão “?”. Também é possível interagir com o experimento de Joule, liberando os pesos para agitar a água.

A seguir, nas figuras 2 e 3, duas imagens da animação mostrando algumas das suas possibilidades.

---

<sup>2</sup> Disponível em [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/ExperimentoJoule/fis\\_Termo\\_ativ\\_ExperimentoJoule.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/ExperimentoJoule/fis_Termo_ativ_ExperimentoJoule.html) e [http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/fis1\\_ativ2\\_experimentoJoule.swf](http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/fis1_ativ2_experimentoJoule.swf) (acessos em 24/08/2014)



Figuras 2 e 3: Prints da tela da Animação O Experimento de Joule

Assim, os alunos puderam interagir com a ferramenta durante aproximadamente uma hora. Como atividade extraclasse, os alunos foram convidados a interagir novamente com esta ferramenta, disponível no site do autor



deste trabalho, bem como no site do CREF e, a partir disso, desenvolver um relatório a ser enviado por e-mail. Este relatório seria explicado no próximo encontro.

#### **Quarto encontro (1 período)**

Foram passadas as orientações sobre o relatório a ser desenvolvido e enviado por e-mail, sendo que os estudantes deveriam terminá-lo em um período de duas semanas. Estas orientações constam no Apêndice B (p.84). A partir de uma nova exploração da ferramenta, disponível em endereço fornecido aos estudantes, deveria ser elaborado um relato desta interação com esta “nova forma de aprender”, como uma estudante se referiu à animação no início da aula. O trabalho deveria conter a resposta das perguntas que seguem: I – A visão da Ciência pode mudar com o passar do tempo? II – O conceito de calor atualmente aceito pode ser considerado definitivo? As orientações e as animações foram disponibilizadas para os estudantes em um espaço virtual, administrado pelo professor.

A fala da estudante acima citada é um recorte que merece destaque, dentre muitas colocações positivas. Ela evidencia a percepção da aluna de que a interação com a animação proposta é um desafio que gera aprendizado, ou, de acordo com Vergnaud, uma *Situação* (Moreira 2011, p.210). Dentro da proposta desta UEPS, a predisposição do aluno em aprender é essencial para o processo e esta foi perceptível pelo interesse que a proposta despertou nos estudantes.

O relatório foi um registro avaliativo da UEPS, sendo que um dos itens do trabalho consistia em um parecer, onde cada aluno poderia expressar suas dificuldades, tecer críticas, sugestões, enfim, avaliar as ferramentas e métodos utilizados até o momento no desenvolvimento dos conteúdos. Este parecer se constituiu em uma ferramenta de avaliação da receptividade da UEPS, das ferramentas, métodos e estratégias utilizadas, bem como a atuação do professor, e deveria nortear a atividade do docente. Esta estratégia esteve presente em todos os relatórios propostos nesta e nas demais UEPS. Como proposta desta atividade, estava a discussão sobre a construção e a evolução da Ciência.

## Quinto encontro (1 período)

*Nova situação problema: processos de transmissão de energia.*

Este encontro ocorreu uma semana após o encontro anterior, tendo em vista que houve um feriado – Corpus Christi – no dia em que corresponderia ao encontro de dois períodos.

Foram revistos o conceito de calor e os processos nos quais se observa esta troca de energia. A aula iniciou com um resumo, colocado no quadro, intitulado “Calor, o fluxo de energia térmica e seus processos: condução, convecção e radiação”. No texto, foram explorados os assuntos e posteriormente explicados, através de uma explanação dialogada com os estudantes. Alguns itens foram destacados:

- o processo de condução pode ocorrer entre partes de um mesmo corpo ou corpos em contato, mas se dá de molécula para molécula, a partir de “colisões” entre estas, em virtude da agitação térmica (Gonçalves<sup>3</sup>). Os “corpos” podem estar em diferentes estados de agregação da matéria;
- o processo de convecção depende da presença de um campo gravitacional. Na superfície da Terra, os líquidos ficam sujeitos à força gravitacional, que os molda de acordo com o recipiente em que estão contidos. No interior do líquido, cada região fica sujeita a forças de empuxo, além da força gravitacional. Assim, pode haver um equilíbrio dinâmico. Entretanto, com o aquecimento de uma região, há expansão e, com isto, diminuição da densidade e um aumento na força de empuxo e, assim, podem formar-se correntes de convecção. Também foi ressaltada a dilatação anômala da água e sua consequência. De forma análoga, foram explicadas as correntes de convecção na atmosfera. Ainda, foi discutido se haveria convecção em situações nas quais há campo gravitacional e consequente aceleração, como no interior de estações espaciais, exemplificando como seria a chama de uma vela neste ambiente.

---

<sup>3</sup> Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/> (acesso em 24/08/2014).

A aula encerrou sem haver explicação do fenômeno de radiação, o que foi feito no próximo encontro.

### **Sexto encontro (2 períodos)**

#### *Reconciliação integradora*

No início deste encontro foi concluída a explicação dos processos de troca de energia, iniciando com uma retomada dos processos de condução e convecção. Neste último processo, foi falado na circulação de ar em uma geladeira e nas posições ideais de lareiras, aquecedores e aparelhos de ar-condicionado, além das brisas marítimas. A aula foi uma exposição dialogada, com perguntas e respostas que conduziram e complementaram a discussão.

Na sequência, foi iniciada a explicação do processo de radiação. Isto foi feito a partir do espectro eletromagnético, enfatizando-se a natureza das ondas eletromagnéticas. Foi dada ênfase também ao fato de que todos os corpos emitem ondas eletromagnéticas, sendo que o pico de emissão depende de sua temperatura absoluta (radiação de corpo negro). Assim, mesmo que não haja troca efetiva de calor entre dois corpos, ou entre um corpo e o ambiente, estes trocam energia através da radiação. Foi trazida a questão das trocas de energia entre o Sol, a Terra e o espaço e o papel importante da atmosfera no controle desta troca, a partir do efeito estufa.

Finalmente, o professor fez a demonstração dos processos de condução e convecção, utilizando uma vela, uma barra e pequenas peças de metal e uma pequena hélice suspensa em um suporte de pouco atrito. Parte destes elementos compunha um kit de demonstrações para o ensino de Ciências, disponível no laboratório da escola.

Previamente cinco peças de metal haviam sido coladas na extremidade da barra com parafina, distantes uns dois centímetros umas das outras. Então, a barra foi segurada por uma extremidade, enquanto a outra extremidade, onde estavam os pedaços de metal foi aproximada da vela acesa, conforme mostra a figura 4. Pôde ser observado que, na medida em que a barra se aquecia, a parafina era derretida as peças soltavam-se da barra. O processo de convecção foi mostrado pela fumaça proveniente da chama da vela e pelo movimento da hélice, quando colocada sobre a

vela acesa. A atividade de demonstração foi muito bem recebida pelo grupo, uma vez que foi realizada no centro da sala, tendo os estudantes no entorno, maravilhados com a demonstração. Uma demonstração semelhante pode ser encontrada no site de Física Térmica (Gonçalves<sup>4</sup>).



**Figura 4:** demonstração de condução térmica

### **Sétimo encontro (1 período)**

*Novas situações-problema, em grau mais alto de complexidade.*

Nova situação problema: as seguintes perguntas foram transcritas no quadro-negro: I – Quais as consequências decorrentes do acréscimo de energia em um corpo? II – Quais as consequências decorrentes da retirada de energia térmica de um corpo? III – Considerando que calor é energia em trânsito, como podemos determinar esta quantidade de energia? Como esta proposta de atividade já se tornara recorrente, os estudantes mostraram-se bastante interessados em externalizar seus pensamentos. Na verdade, a primeira pergunta era propositalmente semelhante a outras propostas em outros encontros. Assim, surgiram respostas esperadas, abordando diferentes fenômenos: “o corpo poderá aumentar sua temperatura”; “o corpo irá se expandir”; “pode haver uma mudança no estado”. Para a segunda pergunta as respostas foram semelhantes: “o corpo poderá se contrair”; “o corpo irá diminuir sua temperatura”; “pode haver uma mudança no estado”. Enquanto estas duas perguntas tiveram uma grande contribuição dos estudantes, a terceira não obteve respostas. Esperava-se que as respostas

<sup>4</sup> Disponível em em <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/> (acesso em 24/08/2014).

estivessem relacionadas à variação de temperatura decorrente do calor adicionado (ou retirado) de um corpo e sua dependência com a massa e a composição deste. Então, o professor lançou outras questões, com base na seguinte situação hipotética: Vamos supor que se deva aquecer água em uma chaleira, em um fogão a gás convencional. A “altura” da chama interfere no tempo necessário para aquecer a água? Um aluno respondeu que era “óbvio que sim”. Então o professor ponderou que a chama representaria a quantidade de energia a ser repassado para a água. Assim, mantida a chama sempre em uma mesma regulação, quanto mais tempo a chaleira ficaria sobre a chama, maior seria a quantidade de energia recebida e que esta grandeza seria representada pela letra “Q” e que este seria o “estímulo” dado para a água. A seguir foi perguntado se a quantidade de água na chaleira interferia no aquecimento, ou ainda, para um mesmo tempo sobre a chama, o que teria o maior aumento de temperatura, a chaleira com metade do volume de água ou a chaleira cheia? Neste momento houve mais respostas, indicando que a chaleira pela metade apresentaria um maior aquecimento. Então foi ponderado que o aumento da temperatura ou a “resposta” da água dependia da quantidade de água ou, ainda do volume ou massa de água, representada por “m”. Finalmente, foi colocado pelo professor que quanto mais tempo a chaleira ficasse sobre a chama, maior deveria ser seu aquecimento, ou seja, maior a variação da temperatura, representada por “ $\Delta T$ ”. Assim, foi construída a relação que a quantidade de energia recebida seria proporcional à massa e à variação da temperatura. Concluindo, foi falado na constante de proporcionalidade: o calor específico, “c”, que depende da substância e no estado de suas moléculas. Assim, foi construída a relação:  $Q = m c \Delta T$ .

No final da aula, foi abordada a questão da mudança do estado de agregação das moléculas, falando em energia de ligação. Neste caso, o estímulo “Q” possui outra resposta: a energia recebida é integralmente destinada à quebra das ligações químicas que definem o estado, ou seja, um sólido passará para o estado líquido ao receber energia e um líquido passará para o estado de vapor. Neste caso, podemos relacionar a quantidade de energia com a massa e com outra constante, chamada de calor latente e representada pela letra “L”, ou ainda,  $L_F$  e  $L_V$ , respectivamente o calor latente de fusão e de vaporização. Assim, temos  $Q = M L$ .

## Oitavo encontro (1 período)

### *Reconciliação integradora*

A sequência de encontros sofreu uma longa interrupção entre o sétimo e o oitavo encontros. Em virtude de um grande evento na escola, a Mostra Cultural, as atividades de ensino regulares foram suspensas por duas semanas, uma para a organização e outra para apresentações das atividades relacionadas à Mostra Cultural. Após o evento, iniciaram as duas semanas de férias discentes, assim, o oitavo encontro ocorreu um mês após o sétimo encontro. A aula iniciou com uma revisão sobre calor, temperatura e quantidade de calor. Foram dois períodos, sendo que no final da aula foi enfatizado que, se retirarmos energia de um corpo, esta quantidade será considerada negativa. Assim, podemos ter uma diminuição da temperatura. Também foi falado sobre o condensado de Bose-Einstein e plasma e sobre a diferença fundamental entre ebulição (passagem do estado líquido para o estado de vapor em qualquer ponto no interior de uma massa líquida) e evaporação (desprendimento de moléculas da superfície de sólidos e líquidos e que pode ocorrer a qualquer temperatura). (De Carli<sup>5</sup>)

## Nono encontro (2 períodos)

### *Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade*

Para este encontro, o professor levou para a sala de aula um balde de isopor com gelo, cinco termômetros, uma jarra elétrica e um becker. Os termômetros foram dispostos dentro do balde de gelo, sendo que a temperatura indicada pôde ser verificada pelos estudantes, que puderam manusear os termômetros. Houve muito encanto por parte dos estudantes para o fato de que o gelo no balde estava a zero grau, mesmo após muito tempo (alguns alunos voltaram a verificar no final do período – antes do intervalo – e no final da aula, visto que a demonstração foi realizada em todas as turmas). Outra curiosidade foi pelo aumento da temperatura do termômetro quando retirado do recipiente. Questionado, o professor explicou que o termômetro mede sua própria temperatura e que, ao ser retirado do recipiente e

---

<sup>5</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Lj3Tl050hxA&index=7&list=UUv97dFj8E005EULGZEXARxA>. Acesso em 24/08/2014.

ser exposto ao ar, há uma tendência de equilíbrio térmico do termômetro com o ambiente através dos processos de condução, irradiação e convecção. Assim, a temperatura registrada pelo termômetro aumenta gradualmente. Ao ser recolocado no recipiente, o processo se repete, desta vez com o termômetro entrando em equilíbrio térmico com a mistura de gelo e água resultante do processo de derretimento.

Foi realizada uma demonstração com a jarra elétrica, que consistiu do derretimento de uma amostra de gelo e do aquecimento da água resultante deste processo, até que esta atingisse o ponto de ebulição. Esta demonstração é a seguir descrita. Pode-se encontrar alguns vídeos nos quais são feitas discussões acerca do aquecimento da água e os processos que ocorrem durante este processo no canal *É tudo Física* do YouTube (De Carli<sup>6</sup>).

Foi separada uma quantidade de gelo (cerca de 300 gramas) e colocada no interior da jarra. Foi solicitado a outro aluno que fizesse a medida do tempo que a jarra estaria ligada, utilizando, para isto, o cronômetro do aparelho celular. Foi colocado um termômetro na jarra e esta foi ligada. Uma estudante foi convidada para fazer a leitura do termômetro durante a demonstração. Durante o início desta demonstração, foram discutidas as diferenças entre o equilíbrio térmico, que ocorre lentamente, e a situação que ocorria na demonstração em função do gradiente térmico entre a resistência da jarra, a água no seu entorno e a água no entorno dos cubos de gelo derretendo. Então, a água resultante do derretimento e o gelo foram lentamente sendo agitados, utilizando para isto o termômetro. As leituras de temperatura ficaram em torno de 20°C. Assim, foi discutida a situação ideal, com o gelo derretendo a 0°C e esta situação, sem que haja equilíbrio térmico. Antes que o gelo terminasse seu derretimento, foi desligada a jarra e parado o cronômetro. O tempo registrado foi de 4 minutos e 40 segundos.

Então, a jarra foi levada pelo professor para que alguns alunos fizessem a leitura do termômetro, sendo que a temperatura, inicialmente em torno de 20°C, diminuía, tendo em vista o derretimento do restante de gelo no interior da água. Finalmente, todo o gelo derreteu, restando apenas água a 5°C. Neste momento, a

---

<sup>6</sup> Disponível em <https://www.youtube.com/user/eloirdecarli>. Acesso em 24/08/2014.

água foi adicionada ao becker e foi medido o volume, obtendo-se o valor de 250 mililitros.

A seguir, foi recolocada a água na jarra e esta foi ligada novamente, juntamente com o cronômetro. A leitura no termômetro voltou a ser feita pela aluna destacada para esta finalidade, sendo repassada para a turma. Após 6 minutos, a água entrou em processo de ebulição, sendo que a temperatura indicada pelo termômetro era de aproximadamente 97°C. O cronômetro foi parado e a chaleira foi desligada.

Na sequência, o professor fez no quadro o cálculo da quantidade de calor envolvida em cada processo, bem como a potência média fornecida em cada etapa. Para a obtenção da massa de água, foram considerados seus volume e densidade.

Como os valores foram ligeiramente diferentes em cada etapa (4290cal/min ou 300W e 5350cal/min ou 375W), foram discutidas as aproximações feitas como, por exemplo, a consideração de que, na primeira etapa, parte da quantidade de calor dissipada pela resistência foi utilizada para o aquecimento, embora calculada apenas a energia necessária para o derretimento do gelo. Também não foram consideradas quaisquer perdas de energia ou a quantidade de água evaporada no processo. Estas considerações foram discutidas com os estudantes após os cálculos.

Finalmente, foi feita a estimativa de quanto tempo seria necessário para que toda a amostra de água passasse para o estado de vapor, tomando como base uma potência média de 350W<sup>7</sup>.

Em relação à importância das atividades de demonstração e/ou experimentos, destaca-se este trecho de Araújo (2003).

“A análise do papel das atividades experimentais desenvolvida amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas idéias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo assim atingir um nível de

---

<sup>7</sup> Nota: a jarra elétrica utilizada possui uma tensão de operação de 220V e estava ligada à uma rede de 127V, por este motivo a potência dissipada possui valor muito abaixo da nominal. Isto foi relatado para os estudantes.



aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos.” (p. 177)

### **Décimo encontro (1 período)**

No décimo encontro, foi explicado o trabalho a ser feito pelos estudantes, conforme Apêndice C (p.85) desta dissertação. A proposta consistiu em uma atividade experimental extraclasse, sendo que cada aluno deveria reproduzir a demonstração feita em aula. A atividade não objetivava a exatidão dos valores, pois há grande perda de energia para o ambiente quando a amostra de gelo é derretida ou a água é aquecida. O objetivo principal consistia na percepção, por parte dos alunos, que a temperatura não varia muito durante a mudança do estado sólido para o líquido nesta situação real, e que, em uma situação ideal, a temperatura permanece constante durante a mudança de estado. Outro objetivo tratava-se da familiarização da ordem de grandeza da quantidade de calor (em joules e em calorias) e da potência (em watts ou em calorias por minuto). Esta atividade deveria ser descrita em um relatório, a ser avaliado pelo professor. As orientações para o trabalho foram disponibilizadas para os estudantes em um espaço virtual, administrado pelo professor e o relatório seria um registro avaliativo da UEPS, sendo que um dos itens do trabalho consistiu em um parecer, onde cada aluno poderia expressar suas dificuldades, tecer críticas, sugestões, enfim, avaliar as ferramentas e os métodos utilizados até o momento no desenvolvimento dos conteúdos.

### **Décimo-primeiro encontro (2 períodos)**

Foi proposto no quadro um exemplo de quantidade de calor e equilíbrio térmico. Esta situação-problema consistia na preparação de um suco em uma jarra (tratada como um calorímetro ideal), com dois litros de água a 25°C e 400 gramas de gelo a -5°C. Foram calculadas e discutidas todas as trocas de calor envolvidas neste processo. Foram colocados no quadro três exercícios envolvendo trocas de calor. A resolução destes exercícios foi feita pelos estudantes, individualmente e, no final do encontro, foram feitas as correções dos exercícios pelo professor, no quadro.

### **Décimo-segundo encontro (1 período)**

*Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade.*

A seguinte pergunta foi transcrita no quadro-negro: I – Calor é energia em trânsito. Se um corpo não possui calor, o que ele possui? Além desta questão transcrita, foram feitos outros questionamentos como: “Calor é o nome dado à energia que é trocada entre dois corpos, ou ainda, entre um corpo e o ambiente, ou seja, não pertence a nenhum corpo. Assim, qual seria o termo mais apropriado, ou mais lógico, para designar esta energia quando absorvida por um corpo?” Neste momento, um estudante perguntou um pouco hesitante: “Seria *tipo* a energia interna?” E o termo é este mesmo, respondeu o professor. A partir disto, foi explanado o assunto sobre a estrutura da matéria e a Energia Interna em sólidos, líquidos e gases, sendo colocados no quadro um pequeno resumo e as equações correspondentes a sólidos e gases ideais.

### **Décimo-terceiro encontro (1 período)**

Neste encontro, cada aluno escolheu dez exercícios do livro didático, sendo cinco do capítulo quatorze do livro, intitulado Calor: conceito e medida, e cinco do capítulo quinze, intitulado Mudanças de fase e transmissão de energia. (Gaspar, 2010) Estes exercícios foram resolvidos individualmente e sob a orientação do professor.

### **Décimo-quarto encontro (2 períodos)**

*Reconciliação integradora e avaliação final*

Neste encontro foi discutido o calor e suas relações com as demais variáveis termodinâmicas em sólidos, líquidos e gases através do compartilhamento de ideias e da construção de um mapa conceitual sobre Calor. Os alunos organizaram-se em grupos de até cinco integrantes e, a partir do compartilhamento de significados, desenvolveram um mapa conceitual, sob a orientação do professor. Juntamente com

o mapa, foi solicitada a entrega de um texto explicativo. Este mapa foi a avaliação final da UEPS 2.

### **VI. III – UEPS 3: Pressão e comportamento dos gases**

#### **Primeiro encontro (2 períodos)**

##### *Situação inicial e sondagem inicial*

O primeiro encontro da terceira UEPS ocorreu três semanas após a conclusão da segunda Unidade, em função de paralisação da categoria. Assim, este primeiro encontro foi iniciado com uma revisão dos conceitos abordados nas UEPS um e dois, realizada através de uma explanação do professor e da contribuição dos estudantes, através de uma tempestade de ideias. Na lista de palavras transcritas no quadro negro, constaram: temperatura, energia, calor, dilatação, sólidos, líquidos, aquecimento, resfriamento, mudança de estado. A retomada de conteúdos transcorreu em aproximadamente 25 minutos e, na sequência, o professor iniciou uma exposição dialogada, abordando o estudo dos gases e a necessidade da análise de mais uma variável: pressão. Foram abordadas as definições de pressão como força por unidade de área e o modelo cinético dos gases, no qual a pressão de gases decorre de colisões das moléculas com as paredes do recipiente que o mantêm confinado. A pressão atmosférica também foi abordada na explanação. Como atividade extraclasse, os alunos deveriam desenvolver um mapa conceitual que abordasse os conceitos levantados nas UEPS 1 e 2 e as relações destes com a pressão. O mapa deveria ser explicado através de texto e entregue no encontro seguinte, previsto para cinco dias depois deste. Este mapa conceitual foi a sondagem inicial desta UEPS.

#### **Segundo encontro (1 período)**

##### *Situação-problema inicial.*

O segundo encontro ocorreu em um dia não previsto na grade de horários, em função da ausência de um professor na escola, da disponibilidade do professor

da disciplina de Física e da necessidade da recuperação dos períodos correspondentes aos dias da paralisação, citada no relato do primeiro encontro desta UEPS. Neste segundo encontro, foi realizada uma demonstração utilizando materiais simples, disponíveis no laboratório da escola: uma seringa de plástico grande, com capacidade de 60 ml, sendo que seu bico podia ser fechado hermeticamente com uma tampa; um suporte para esta seringa; uma régua e dois livros. A demonstração consistiu em usar a seringa como exemplo de reservatório de gás, sendo que primeiramente sua área de seção transversal foi determinada, medindo-se o diâmetro do cilindro com a régua e calculando, no quadro-negro, a área da seção transversal. Os valores obtidos foram  $\varnothing = 2,1\text{cm}$  e  $A \approx 3,5\text{ cm}^2$ . O valor da área também foi escrito em notação científica para a unidade de área do Sistema Internacional de Unidades (SI), metro quadrado ( $\text{m}^2$ ). A massa dos livros foi estimada em 0,5 kg. Assim, ao serem colocados sobre o êmbolo da seringa, exercem uma força de aproximadamente 5N cada. Desta forma, o aumento de pressão no ar confinado na seringa é da ordem de 14kPa para cada livro colocado sobre o êmbolo da seringa. Com este aumento da pressão, que inicialmente era de aproximadamente 100kPa (1atm) foram discutidas as alterações no volume do ar no interior da seringa, bem como a alteração na temperatura do ar. Ao serem removidos os livros, o volume do gás aumenta, entretanto não atinge o valor inicial, em função da força de atrito entre a borracha de vedação do êmbolo e a parede interna do cilindro.

### **Terceiro encontro (2 períodos)**

*Novas situações problema, em grau mais alto de complexidade.*

Após iniciada a aula, o professor transcreveu as seguintes perguntas no quadro-negro: I – Como podemos descrever o comportamento dos gases? II – Quais as relações entre pressão, volume e temperatura de um gás? III – Por que um meteorito fica incandescente ao mergulhar na atmosfera terrestre?

Por ser uma dinâmica de aula recorrente, aplicada nas UEPS 1 e 2, os estudantes iniciaram com tentativas de respostas. As questões I e II tiveram muitas respostas, como por exemplo: “quanto maior a pressão, menor o volume”, “quanto

maior a temperatura, maior a pressão”, “são moléculas em movimento”. Assim, facilmente foram construídas as relações, ainda que aos pares, entre pressão, temperatura e volume. Como esperado, a terceira pergunta deixou os estudantes mais receosos, em função da aparente desconexão do fenômeno com os conteúdos abordados. Somente uma resposta foi dita, mais em tom de pergunta: “É devido ao atrito com o ar, professor?”. Diante da negativa, houve curiosidade da turma. Então, o professor explicou, baseado na resposta à pergunta que pode ser lida no site do CREF<sup>8</sup>, transcrita pelo autor desta dissertação com a grafia original:

“O AQUECIMENTO PRINCIPAL do METEORO NÃO deve ser atribuído ao ATRITO, pois ATRITO são forças LATERAIS; tecnicamente de CISALHAMENTO, como aquelas que surgem entre as LÂMINAS de uma TESOURA.

A MAIOR PARTE do AQUECIMENTO de um METEORO ao entrar na ATMOSFERA provém realmente da COMPRESSÃO ADIABÁTICA do GÁS DIATÔMICO à sua frente presente na ONDA DE CHOQUE.

A discussão foi bem recebida pelos estudantes, pois a resposta tornou-se bastante compreensível e simples, com um vínculo surpreendente com o assunto estudado. Este tema instigou outras discussões relacionadas, como o mergulho de um ônibus espacial na atmosfera e a necessidade de se ter um escudo térmico que evite a sua vaporização. A discussão destas perguntas ocorreu na primeira metade do encontro. Logo após, foi escrito no quadro um texto, abordando os assuntos de estado termodinâmico de um gás, as variáveis de estado de um gás (pressão, volume, temperatura e número de moléculas ou mols), as transformações termodinâmicas e a Lei Geral dos Gases Perfeitos. Após, foi feita uma explanação sobre este texto e sobre o modelo de gás ideal e teoria cinética dos gases, relacionando estes conceitos com as respostas dadas pelos alunos e as explicações às três questões propostas.

#### **Quarto encontro (1 período)**

##### *Nova situação problema*

No quarto encontro, iniciaram as explicações de casos particulares da equação geral dos gases, a partir de um texto transcrito no quadro e uma exposição

---

<sup>8</sup>Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=390> (acesso em 24/08/2014)

dialogada. Partindo-se de um modelo mais geral, podem ser feitas aproximações e, neste caso, é considerado que o volume do gás não varia durante a passagem de um estado termodinâmico para outro estado. Foi discutida, assim, a Lei de Charles e Gay-Lussac. (Gaspar, 2010, p. 316). Um exemplo numérico foi transcrito e resolvido no quadro-negro.

### **Quinto encontro (2 períodos)**

Outros casos particulares da lei geral dos gases foram discutidos, como a Lei de Boyle-Mariotte (Gaspar, 2010, p.314) e outras transformações termodinâmicas, envolvendo mais que duas variáveis de estado. Foi abordada também a transformação adiabática, que foi trabalhada com um texto transcrito no quadro negro, seguida de uma exposição dialogada. Na sequência da aula, foi feita uma reconciliação integradora através de uma explanação: os casos particulares da lei geral e a escala absoluta; como a escala absoluta foi proposta e como as leis particulares auxiliaram na elaboração da Lei Geral dos Gases. Foram feitos esboços de gráficos das transformações no quadro, representando as transformações isométricas (gráfico *T versus P*) e isobáricas (gráfico *T versus V*). Também foi destacada a tentativa de estabelecer um valor mínimo para a temperatura, extrapolando a reta obtida no gráfico *P versus T* na transformação isométrica, hipótese sugerida pelo físico Francês Guillaume Amontons em 1703 (Gaspar, 2010, p. 329). Como *T* e *P* são diretamente proporcionais, a tendência é que a pressão atinja o valor nulo a uma determinada temperatura, o que levou Amontons a propor a existência de um valor nulo para a temperatura. A não aceitação da hipótese foi discutida, ressaltando a história da Ciência neste e em outros episódios relativos ao estabelecimento de uma escala absoluta, discutindo-se também a hipótese de Kelvin, sugerida em 1848, quase um século e meio depois da hipótese de Amontons. Esta última foi abordada de forma introdutória para o conteúdo de transformações e ciclos termodinâmicos, uma vez que Kelvin propôs a existência de um valor absoluto para a temperatura baseado no ciclo de Carnot, conteúdo este a ser estudado juntamente com a animação proposta para o próximo encontro.

## Sexto encontro (2 períodos)

### *Nova situação problema: transformações termodinâmicas*

A atividade proposta para o sexto encontro foi um aprofundamento dos conceitos de sistemas e estados termodinâmicos e gás e as transformações sofridas pelos gases. Esta atividade envolveu a animação *Processos Termodinâmicos*<sup>9</sup> e foi desenvolvida em quatro momentos distintos, conforme segue.

Inicialmente, os estudantes organizaram-se em duplas, sendo que para cada dupla foi designado um computador, de acordo com a numeração preexistente nos equipamentos no laboratório. Esta etapa ocorreu ainda em sala de aula e evitou disputas de computadores, relatada no terceiro encontro da UEPS II. Assim, o grupo deslocou-se até o laboratório de informática sem maiores problemas.

No segundo momento, foi solicitado que todos os estudantes ligassem os computadores e abrissem a animação, salva em uma pasta nas áreas de trabalho de cada computador e aguardassem mais orientações. Estas orientações foram passadas no quadro branco do laboratório e tratavam da animação e das suas possibilidades. Os estudantes foram orientados para que, durante a interação com a animação, fosse feita a leitura de todas as informações apresentadas e a construção dos gráficos das transformações termodinâmicas. Ao final da atividade deveriam apresentar na animação um gráfico de um ciclo termodinâmico fechado, envolvendo curvas das quatro transformações da animação: isotérmica, isobárica, isométrica e adiabática.

A animação contém textos, definindo o que é um sistema termodinâmico e sua vizinhança, as variáveis de estado e sobre as principais transformações termodinâmicas. Estas transformações podem ser reproduzidas a partir de um experimento virtual interativo, onde é possível definir os parâmetros iniciais e alterar as variáveis pressão, temperatura e volume. Também é possível visualizar o valor de cada uma destas variáveis numericamente ou através de gráficos de barras e construir gráficos de  $P$  versus  $V$ ,  $P$  versus  $T$  ou  $V$  versus  $T$  durante a transformação.

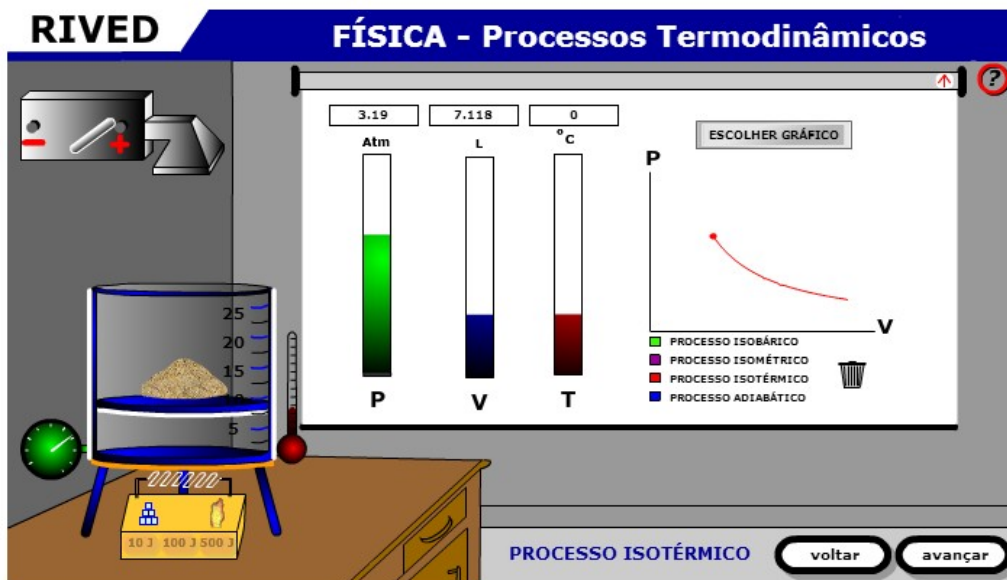
Esta animação é interativa e os estudantes podem navegar através dos botões “Avançar” e “Voltar” e obter explicações do objeto de aprendizagem através

---

<sup>9</sup> Disponível em [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/Processos/fis\\_Termo\\_ativ\\_Processos.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/Processos/fis_Termo_ativ_Processos.html) (acesso em 24/08/2014)

do botão “?”. Também é possível entrar parâmetros através de caixas de diálogo e variar os parâmetros pressão, temperatura e/ou volume através do acúmulo de areia sobre o pistão, adição ou retirada de calor a partir de uma serpentina (figura abaixo). Estas orientações estão presentes em todas as telas da animação, no botão “?”.

Abaixo, nas figuras 5 e 6, duas imagens da animação mostrando algumas destas possibilidades.



**Figuras 5 e 6:** Prints da tela da Animação *Processos Termodinâmicos*

No terceiro momento, as duplas passaram a utilizar a ferramenta, sob a orientação do professor. Um dos computadores apresentou erro na execução da



animação, sendo que a dupla de alunos teve que ligar outra máquina para realizar a atividade. A atividade exigiu bastante dedicação do professor para atender às demandas dos estudantes, esclarecendo dúvidas relacionadas ao conteúdo e à animação. Entretanto, a empolgação dos estudantes com a proposta foi extremamente gratificante. Esta parte da atividade teve um tempo de duração de aproximadamente 50 minutos, sendo que em 30 algumas duplas já haviam terminado. Para estes alunos, foi sugerida a interação com a animação *Primeira Lei da Termodinâmica*, que viria a ser abordada nos próximos encontros e que já estava gravada nos computadores.

Finalmente, os alunos deveriam acessar novamente a ferramenta trabalhada em aula, disponível online. A partir desta nova interação, desta vez individualmente, cada aluno deveria desenvolver um relatório individual, de acordo com as orientações presentes no Apêndice E (p.87). Este relatório é um registro avaliativo e o prazo para entrega foi de dez dias. Em função do grande número de avaliações que os estudantes desenvolveriam ao longo das UEPS e em outras disciplinas do currículo escolar, foi atendida uma reivindicação dos estudantes: este relatório seria construído individualmente por apenas um dos integrantes da dupla, sendo que o outro integrante apenas deveria explorar a atividade. Na próxima tarefa envolvendo uma animação, o outro integrante da dupla deveria desenvolver o relatório, sendo avaliado individualmente na atividade entregue.

### **Sétimo encontro (1 período)**

Foram passadas orientações sobre o relatório a ser desenvolvido e enviado por e-mail tendo este trabalho um período de duas semanas. A partir de uma nova exploração da ferramenta, disponível em endereço fornecido aos estudantes, deveria ser elaborado um relato desta interação. O trabalho deveria conter a resposta das perguntas que seguem, que poderiam ser pesquisadas em outras fontes: I – O que são processos termodinâmicos? II – Quais são as variáveis de estado? III – O que é o ciclo de Carnot? As orientações e as animações foram disponibilizadas para os estudantes em um espaço virtual, administrado pelo

professor. Foi marcada uma avaliação individual para a terceira semana, a contar data.

### **Oitavo encontro (2 períodos)**

*Nova situação-problema, em grau mais alto de complexidade*

O oitavo encontro ocorreu na mesma semana do sexto e do sétimo encontros, no turno da manhã e como substituição de uma aula de um professor em licença médica. Nesta aula, foi proposto um exemplo: as transformações sofridas pelo ar no interior da sala de aula. Primeiramente, dois alunos voluntários, orientados pelo professor, fizeram a medida das dimensões da sala de aula, utilizando para isto uma trena. Os valores obtidos foram: 6,3m X 5,5m X 2,8m e, desta forma, o volume total da sala foi calculado como de aproximadamente  $97\text{m}^3$ . Foi argumentado pelo professor que o volume ocupado pelos móveis na sala de aula e, em especial, pelos alunos seria de aproximadamente  $2\text{m}^3$ , tendo em vista a densidade e massa total dos estudantes. A temperatura no início da manhã foi estimada em torno de  $20^\circ\text{C}$  e ao meio-dia, de  $25^\circ\text{C}$ . A pressão foi arbitrada em uma atmosfera e o ar na sala foi tratado como um gás ideal. Todas essas grandezas foram explicadas detalhadamente para os estudantes. Com estas variáveis, foi determinada a quantidade de mols de ar presentes na sala para cada temperatura estimada. Também foram determinadas as variáveis para duas transformações hipotéticas para o ar na sala: uma transformação isobárica e uma isométrica, no caso de ser possível manter a sala hermeticamente fechada. A proposta mostrou-se motivadora, pois algumas grandezas puderam ser “vistas na prática”, como relatado por uma estudante, referindo-se ao volume, em especial.

### **Nono encontro (2 períodos)**

*Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade.*

O nono encontro foi uma demonstração, realizada em sala de aula com materiais simples: uma jarra elétrica com água e uma lata de alumínio vazia (lata de refrigerante) baseada em demonstrações disponíveis em livros de *Física do Ensino Médio* (Gaspar, 2010, p.324). Uma vez estimada a temperatura e a pressão

atmosférica no interior da sala, 20°C e 1atm, respectivamente e com a informação do volume gravado na lata (350ml) foram estabelecidos os parâmetros iniciais  $P_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$  e  $n_1$ . A lata de refrigerante vazia foi colocada na jarra, já ligada na tomada e com dois terços de água em seu interior, já em ebulição. Desta forma a lata foi submetida a um aquecimento em “banho-maria”, conforme mostram as Figuras 7 e 8, abaixo.



**Figura 7:** lata sendo colocada na jarra



**Figura 8:** lata sendo aquecida em banho-maria

O ar no interior da lata sofreu um aumento de temperatura, sendo que parte deste foi expulso da lata. A lata foi, então, retirada do recipiente e imediatamente fechada com a palma da mão do professor. Com a diminuição da temperatura, a pressão no interior da lata diminuiu. Em virtude da diferença de temperatura externa e

interna, a lata sofre amassamento. Esta sequência pode ser vista nas Figuras 9, 10 e 11.



**Figura 9:** lata sendo retirada da jarra e vedada com a palma da mão.



**Figura 10:** início do amassamento da lata



**Figura 11:** fim do amassamento, com a lata ainda vedada

A partir de algumas aproximações, devidamente explicadas ao grupo, foram feitos os cálculos das variáveis termodinâmicas envolvidas em alguns instantes, sendo enumerados como estados termodinâmicos. Foi construída uma tabela no quadro, com cinco colunas, cada uma correspondendo a um estado termodinâmico. Para cada mudança de estado, discutida uma transformação. A Tabela 1 mostra as variáveis termodinâmicas calculadas.

**Tabela 1:** cálculo das variáveis termodinâmicas.

Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4
$P_1: 1 \text{ atm}$	$P_2: 1 \text{ atm}$	$P_3: (\text{calculada})$	$P_4 = P_3$
$V_1: 0,350 \text{ l}$	$V_2: 0,350 \text{ l}$	$V_3: 0,350 \text{ l}$	$V_4: \text{calculado}$
$T_1: 20^\circ\text{C} (293\text{K})$	$T_2: 100^\circ\text{C} (373\text{K})$	$T_3: 80^\circ\text{C} (353\text{K})$	$T_4: 20^\circ\text{C} (293\text{K})$
$n_1: (\text{calculado})$	$n_2: (\text{calculado})$	$n_3 = n_2$	$n_4 = n_2$

É importante ressaltar que o ar foi tratado como um gás ideal, e que as temperaturas foram todas estimadas pelo professor. Na primeira transformação, foi calculada e discutida a variação na quantidade de ar na lata. Na segunda transformação, foi considerado que o volume não mudou. Na terceira, foi considerada a pressão como constante. Todos os passos foram discutidos com os estudantes, sendo que foi notável a motivação dos estudantes para as discussões e os cálculos realizados a partir da demonstração.

#### **Décimo, décimo-primeiro e décimo-segundo encontros (4 períodos)**

Os três encontros seguintes foram destinados para resolução de exercícios. Foram propostas duas listas de questões do livro didático, totalizando vinte questões. Os exercícios foram resolvidos individualmente pelos estudantes, sendo permitida a utilização de calculadora. O professor auxiliou os estudantes com dificuldades, realizando atendimentos individuais. No primeiro período do décimo primeiro encontro foram concluídas as listas de exercícios pela maior parte dos estudantes. Na segunda parte foram corrigidos parte dos exercícios propostos. Esta correção foi realizada pelo professor no quadro-negro. Foi solicitado aos estudantes

que não haviam concluído os demais exercícios o fizessem como atividade extraclasse. No décimo segundo encontro foi concluída a correção dos exercícios propostos.

### **Décimo-terceiro encontro (2 períodos)**

#### *Avaliação final*

Avaliação individual. Foi feita uma prova buscando avaliar a capacidade dos alunos na resolução de problemas numéricos e conceituais. A proposta também tem como objetivo a avaliar a validade desta UEPS para um o preparo dos alunos para outros testes, como ENEM e vestibulares. Assim, esta avaliação foi a avaliação final desta UEPS e encontra-se anexa neste trabalho (Apêndice E, p. 87).

### **Décimo-quarto encontro (1 período)**

#### *Reconciliação integradora*

Neste encontro ocorreu a devolução e a correção da avaliação realizada no encontro anterior: a partir das correções, foram elencadas as questões que mais suscitaram dúvidas. Na primeira metade deste encontro, os estudantes reuniram-se em grupos e discutiram suas respostas. Na segunda metade, o professor resolveu no quadro estas questões, discutindo com os grupos os resultados esperados e os obtidos pelos estudantes.

## **VI. IV – UEPS 4: Primeira Lei da Termodinâmica**

Esta UEPS é o fechamento das três unidades anteriores. Foram consideradas como sondagem inicial desta unidade as mesmas das unidades anteriores e, de forma análoga, a avaliação final foi considerada como uma avaliação final para todas as quatro UEPS. Esta última consideração justifica-se em função de que o conhecimento pode ser progressivamente dominado pelos estudantes e, de acordo com Vergnaud (Apud Moreira, 2011, p.219) o domínio de um campo conceitual

ocorre ao longo de um largo período de tempo, pela experiência, maturidade e aprendizagem.

### **Primeiro encontro (2 períodos)**

#### *Situação-problema inicial*

O primeiro encontro da quarta unidade de ensino proposta foi uma aula teórico-expositiva, na qual foram abordadas as seguintes temáticas: I – O que são leis para a Física? II – Lei Zero da Termodinâmica e a cronologia das leis da Termodinâmica. As principais colaborações dos estudantes foram perguntas relacionadas à cronologia das leis da Termodinâmica, por exemplo: “porque não foi mudada a nomenclatura das outras leis da Termodinâmica como temos nas Leis de Newton?”. Assim, foi falado sobre o avanço não-linear das teorias científicas que muitas vezes necessitam de ajustes para manterem-se válidas.

### **Segundo encontro (1 período)**

#### *Aula expositiva-dialogada*

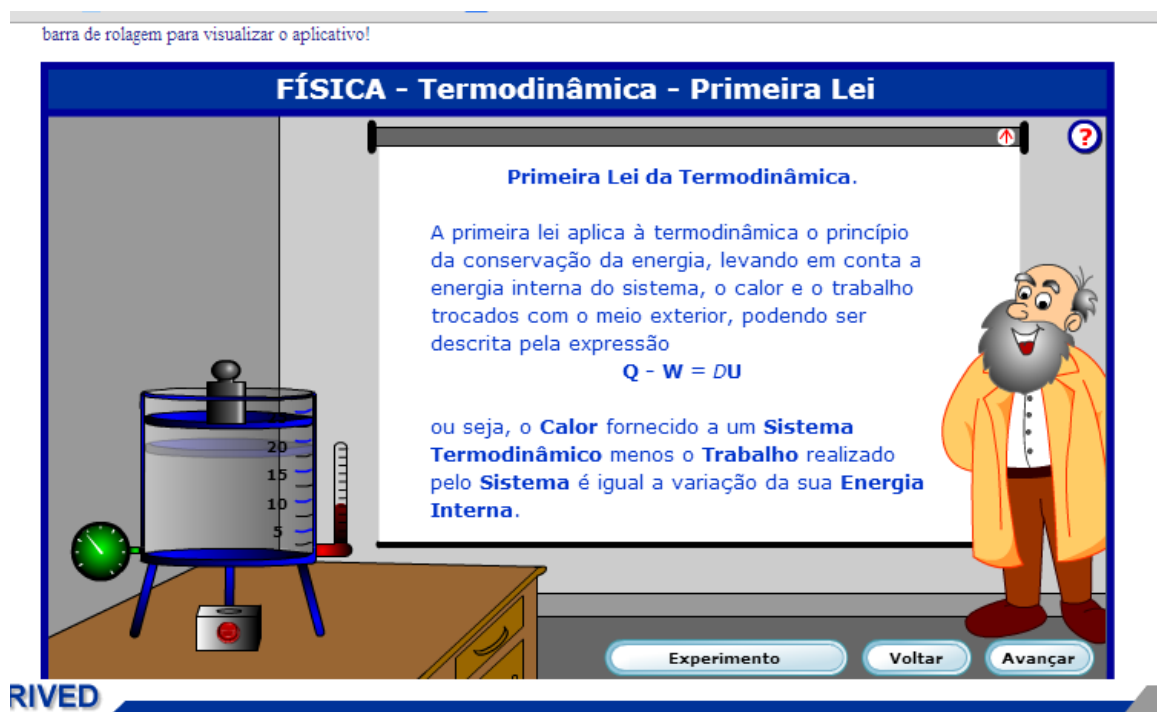
Este encontro foi uma continuidade do primeiro, tendo como enfoque a Primeira Lei da Termodinâmica: a conservação de energia. A aula foi teórico-expositiva e, da mesma forma que ocorreu no primeiro encontro, foi dada ênfase a aspectos históricos da construção do conhecimento relacionado à Termodinâmica. Foi feita uma retomada dos conceitos de calor, quantidade de calor, trabalho e energia interna. Após esta reconciliação integradora, os estudantes foram questionados sobre “como os conceitos estudados individualmente poderiam estar interrelacionados?” Surgiram contribuições como “um pode se transformar em outro”, o que no contexto da fala estava correto. Assim, foi apresentada a relação da Primeira Lei da Termodinâmica, envolvendo quantidade de calor, trabalho e variação de energia interna.

### **Terceiro encontro (2 períodos)**

#### *Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade*

O terceiro encontro da quarta unidade consistiu na exploração da animação “Primeira Lei da Termodinâmica”, no laboratório de informática da escola. Esta atividade de ensino transcorreu de forma similar ao sexto encontro da terceira unidade de ensino. Foram quatro momentos: no primeiro, a organização das duplas, realizada em sala de aula; no segundo, uma explicação da animação no laboratório de informática; no terceiro, a interação dos estudantes com a animação proposta e, no quarto momento, a realização de uma atividade extraclasse.

A animação Primeira Lei da Termodinâmica está disponível online<sup>10</sup>. Abaixo, na Figura 12, uma imagem da animação.



**Figura 12:** Print da tela da Animação Primeira Lei

Todas as etapas ocorreram com uma dinâmica mais produtiva, tendo em vista os conhecimentos adquiridos anteriormente por todos envolvidos no que diz respeito às estratégias de ensino. Assim, as dúvidas atendidas pelo professor foram quase todas relacionadas ao conteúdo da Primeira Lei da Termodinâmica, em quais situações ela pode ser associada para descrever um fenômeno, como o

<sup>10</sup> Disponível online, em [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/PrimeiraLei/fis\\_Termo\\_ativ\\_PrimeiraLei.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/PrimeiraLei/fis_Termo_ativ_PrimeiraLei.html) (acesso em 24/08/2014)



aquecimento do ar na sala de aula (abordado no oitavo encontro da terceira UEPS). A naturalidade com que os estudantes desenvolveram as atividades propostas demonstrou o quanto é válida a proposição de atividades de ensino-aprendizagem diferenciadas e a persistência nestas. Estas inovações são motivadoras, mas podem ser desafiadoras nos primeiros momentos.

Como tarefa extraclasse, todos os estudantes deveriam interagir novamente com a ferramenta online trabalhada em aula, de acordo com as orientações presentes no Apêndice F (p.88). Dando continuidade ao acordo estabelecido no sexto encontro da terceira UEPS, apenas um dos integrantes da dupla deveria desenvolver o relatório descrevendo a atividade. Este relatório foi um registro avaliativo.

#### **Quarto encontro (1 período)**

##### *Nova situação problema*

Após uma rápida conversa com os alunos, o professor escreveu a seguinte pergunta no quadro: como podemos calcular o trabalho numa transformação termodinâmica? Após transcrita a pergunta, sucedeu-se uma tempestade de ideias. A seguir, foram transcritos no quadro-negro dois pequenos textos intitulados “Cálculo do trabalho a partir da dinâmica e a partir da conservação de energia” e “Cálculo do trabalho numa transformação a partir do gráfico P versus V”, sintetizados de livros – texto de Física.

#### **Quinto encontro (1 período)**

##### *Reconciliação integradora*

Neste encontro, foi realizada novamente a demonstração do amassamento de uma lata de refrigerante pela pressão atmosférica (ver nono encontro da terceira UEPS), visando a abordagem do ponto de vista energético. Foram estimados a variação da energia interna do gás, a quantidade de calor trocada com o ambiente e o trabalho realizado pelo ambiente sobre a amostra de gás na lata. Os valores foram calculados a partir da Primeira Lei da Termodinâmica e do trabalho (a partir do gráfico P versus V esboçado no quadro-negro), tendo como valor para as variáveis termodinâmicas as estimativas presentes na Tabela 2.

**Tabela 2:** cálculo do trabalho sobre uma amostra de gás

Situação inicial (1)	Situação intermediária (2)	Situação final (3)
$P_1: 1 \text{ atm (101,3 kPa)}$ $V_1: 0,350 \text{ l (3,5 x 10}^{-5} \text{ m}^3)$ $T_1: 100^\circ\text{C (373K)}$ $n_1: 0,014 \text{ mol}$	$P_2: 90 \text{ kPa}$ $V_2: 0,350 \text{ l}$ $T_2: 80^\circ\text{C (353K)}$ $n_2 = n_1$	$P_3 = P_3$ $V_3: 0,300 \text{ l}$ $T_3: 20^\circ\text{C (293K)}$ $n_3 = n_1$

Na transição do estado inicial para o estado termodinâmico intermediário foi considerado que apenas houve troca de calor do ar na lata com o ambiente externo, assim, pode-se calcular esta grandeza a partir da variação de energia interna do ar considerando que o trabalho é nulo.

Na transição do estado intermediário para o estado final foi calculado o trabalho que o ar no interior da lata sofre por parte da pressão atmosférica enquanto a lata é amassada. Também foi calculada a variação da energia interna, considerando o ar como uma mistura de gases predominantemente diatômicos ( $N_2$ ) e os valores inicial e final da temperatura. A partir da Primeira Lei da Termodinâmica, foi calculada a quantidade de calor trocada com o ambiente ( $Q = W + \Delta E_{\text{int}}$ ), sendo que os valores do trabalho realizado sobre o gás e a variação da energia interna são ambos negativos.

Toda a atividade desenvolvida foi acompanhada atentamente pelos estudantes, que relataram ao final da atividade terem conseguido ver na situação apresentada todos os conceitos vistos até então na disciplina de Física.

### **Sexto e sétimo encontros (3 períodos)**

#### *Avaliação final*

Como avaliação final e avaliação final, foram construídos e apresentados mapas conceituais, como um grande fechamento das quatro unidades de ensino propostas, sendo, então, desenvolvidos mapas conceituais sobre Termodinâmica, cada um destes acompanhado de um texto explicativo e da sua apresentação para o professor e os colegas. Em sala de aula, os alunos reuniram-se em cinco grupos de até seis integrantes, de acordo com suas afinidades. Após compartilharem

significados, os alunos iniciaram a construção do mapa conceitual do grupo. As atividades foram orientadas pelo professor e os estudantes tinham autonomia para desenvolver suas estratégias de apresentação dos trabalhos. Houve combinação por parte dos estudantes de complementarem o desenvolvimento dos trabalhos em encontros extraclasse, e um grupo faria a discussão do trabalho online. Assim, os trabalhos foram orientados pelo professor e executados em sala de aula e fora desta. Após os dois encontros descritos neste parágrafo, dois grupos prontificaram-se em apresentar seus mapas conceituais no oitavo encontro e, desta forma, ficou acordado que os outros três grupos fariam suas exposições no nono encontro.

### **Oitavo e nono encontros (3 períodos)**

#### *Avaliação final*

Após cinquenta encontros desenvolvendo conceitos relacionados à Termodinâmica e utilizando para isto diversas estratégias diferenciadas de ensino-aprendizagem divididas em quatro unidades de ensino, os dois últimos encontros foram a culminância do projeto desenvolvido. Parte destas apresentações foi acompanhada pelo orientador do projeto. Após compartilharem significados e construírem seus mapas conceituais relacionados à Termodinâmica, os estudantes da turma na qual o projeto foi desenvolvido apresentaram seus trabalhos, de acordo com as descrições a seguir. Cada grupo entregou uma versão em papel ou eletrônica do mapa construído.

O primeiro grupo apresentou seu mapa no anfiteatro da escola. Este mapa foi desenhado no quadro-branco disponível no local. A versão em papel, com a mesma estrutura e conceitos da versão apresentada, pode ser vista na Figura 14 (p. 69).

O segundo grupo também apresentou o mapa de conceitos no anfiteatro da escola e utilizou uma dinâmica interessante para a apresentação. Os conceitos foram feitos em papel, assim como as setas e palavras-chave e, em seu verso, foram coladas fitas dupla-face. Enquanto cada estudante fazia sua fala, o mapa era montado na parede do anfiteatro. Assim, as relações entre os conceitos foram sintetizando a apresentação falada. Infelizmente, a fita de algumas palavras não aderiu à parede e algumas palavras desprenderam-se antes do término do mapa,

precisando ser recolocadas. Mas estes contratempos não comprometeram a apresentação. O mapa construído com a dinâmica acima que também foi construído pelos estudantes com o software *CmapTools*, pode ser visto na Figura 13 (p. 68).

No terceiro grupo, apenas duas integrantes estavam presentes no dia da apresentação, que foi realizada em sala de aula. A versão deste mapa pode ser vista na Figura 15 (p. 69). Este foi previamente transcrito no quadro-negro e, após, as alunas fizeram a apresentação e discussão do mesmo. A mesma estratégia foi utilizada pelo quarto grupo, que transcreveu o seu mapa no quadro-negro e o explicou. Uma versão deste mapa pode ser vista na Figura 16 (p.70).

A análise detalhada destes mapas conceituais será feita nesta dissertação (VIII.II – Avaliação da aprendizagem decorrente da aplicação das UEPS p. 60), a partir de um comparativo entre as sondagens iniciais das UEPS propostas e a aprendizagem evidenciada através desta última avaliação formal dos conteúdos abordados nas unidades. Em síntese, destaca-se a fala de fechamento do trabalho apresentado pelo grupo 4: “A gente chegou à conclusão de que a termodinâmica é, na verdade, uma ponte entre o mundo microscópico e o macroscópico, isto é, entre as moléculas e o que podemos ver e medir.” (Aluno 19)

## **VII. Produto educacional**

A proposta relatada nesta dissertação pode ser de grande utilidade para os professores que desejam aliar as novas tecnologias ao ensino de Termodinâmica. As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) contemplam atividades de ensino diferenciadas daquelas abordadas tradicionalmente em sala de aula, assim como propõem formas de avaliação que possibilitam os estudantes refletir sobre seu papel de protagonistas na construção do saber.

Para que a proposta seja estendida a outros docentes, propõe-se como produto educacional disseminável um Texto de Apoio ao Professor de Física (Apêndice G, p. 89) com as quatro UEPS independentes abordadas neste trabalho, a saber:

- UEPS 1 – Temperatura e Dilatação

- UEPS 2 – Calor e Energia Interna
- UEPS 3 – Pressão e comportamento dos gases
- UEPS 4 – Primeira Lei da Termodinâmica

Assim, pretende-se dar subsídios para que a proposta possa ser replicada, aproveitando-se as suas potencialidades e repetindo os resultados satisfatórios obtidos na aplicação relatada neste trabalho.

## **VIII. Resultados e conclusões**

A avaliação das UEPS foi qualitativa, realizada através dos pareceres escritos pelos alunos nas atividades propostas, das análises dos mapas conceituais construídos e de suas respectivas explicações, sendo estas verbais ou escritas. A avaliação da aprendizagem foi feita a partir das análises dos trabalhos desenvolvidos no decorrer das UEPS e das provas realizadas ao final da primeira e da terceira UEPS, buscando estabelecer um vínculo entre as sondagens iniciais e as avaliações finais propostas.

### **VIII.I. Avaliação da aceitação das UEPS**

Os pareceres que seguem são um registro avaliativo da aceitação das UEPS propostas por parte dos alunos. Foram propostos em quatro momentos distintos: no quarto encontro da UEPS 2, no décimo encontro da UEPS 2, no sétimo encontro da UEPS 3 e no terceiro encontro da UEPS 4. Como esperado, esta estratégia estabeleceu um diálogo com os educandos, quando estes logo perceberam seu papel como agentes ativos nas dinâmicas de ensino-aprendizagem que puderam externalizar suas contribuições para um melhor andamento do processo. Estes relatos são a expressão escrita de muitas colocações de estudantes ao longo do desenvolvimento das Unidades de Ensino, como também do empenho e da satisfação com as aulas propostas, expressas através da recepção agradável dos estudantes em cada encontro. Os pareceres estão divididos em quatro grupos, cada um correspondente a um dos trabalhos propostos com o espaço correspondente

para manifestações dos estudantes. É importante ressaltar que os pareceres foram enviados por e-mail para o professor, que mantém aqui as suas grafias originais.

Primeiro trabalho: “*Conceito de calor e experimento de Joule*”, (Apêndice B, p. 84) construído a partir da interação com a animação “O Experimento de Joule” proposto no quarto encontro da segunda UEPS.

*“Na minha opinião essa animação tornou muito mais fácil abordar o conteúdo de calor em física, muito bem detalhado e explicado assim como a animação da experiência que interage com quem está assistindo tornando – o muito mais fácil de compreender o real objetivo da animação. Quanto ao assunto que apesar de muito interessante é um assunto muito utilizado e importante de ser estudado e através de interações torna-se este estudo muito mais aprofundado e divertido de se aprender tornando quem está vendo ficar focado e se interessar pelo assunto.” (Aluno 1)*

*“Estou gostando bastante das aulas de Física. Estudar Termodinâmica está sendo muito interessante para mim especialmente, por causa das experiências que podemos assistir e que facilitam nosso aprendizado. A animação foi muito bem feita, é didática, explicativa e interativa. As atividades propostas são fáceis e pelo fato de podermos usar o computador como fonte de pesquisa (Laboratório de Informática), isso simplifica e diminui o tempo para se conseguir as respostas.” (Aluno 2)*

*“A estrutura da animação e o roteiro foram muito bem planejados e foi uma ótima ideia;  
As aulas deveriam ter mais experimentos, para que possamos entender com mais clareza o assunto;  
Ou até mesmo, pegamos experimentos de determinados assuntos e fazemos em sala de aula.” (Aluno 3)*

*“Gostei bastante da atividade proposta, achei bem interessante o slide do site, trabalhamos com ele em aula e agora em casa, e foi bem diferente este tipo de trabalho nunca havia feito um assim, e é bem legal, pois vai tanto as explicações, mostrando imagens, e o experimento de joule me chamou bastante atenção, pois, eu podia “fazer” o experimento, girar a manivela, colocar a temperatura que eu quisesse no termômetro, ver como iria ser feita a experiência, o que aconteceria com ela, isso é bem interativo, chama mais a atenção, e paramos para fazer aquilo, porque podemos ter a explicação em aula, mas nos aprofundamos mais nisso fazendo o trabalho, podendo aprender um pouco mais, pesquisar mais, mostrando tudo que a ciência vem mudando com tempo. As aulas de física são sempre bem legais, o professor nos traz sempre coisas diferentes, faz com que as explicações sejam melhores, fazendo até experimentos dentro de sala de aula para ilustrar como acontece e porque acontece, isso tudo faz com que todos prestem mais a atenção. A única coisa que eu gostaria que mudasse é a questão da correção dos exercícios, podemos trabalhar em grupo para fazer os exercícios, o que é muito bom, sei também que tem gente que não faz os exercícios e quando são corrigidos no quadro só copiam, mas tem gente que não entende, assim como eu as vezes não entendo a matéria e*

*nem sempre o professor consegue dar atenção a todos, pois ele é só um e nós mais de trinta na maioria das vezes, e todos tem duvidas para tirar, e nem sempre da tempo, por isso a correção no quadro para mim é muito importante, assim posso saber se esta certo o que estou fazendo e se não entendi vou dar o melhor de mim para prestar atenção e tentar entender a matéria. Minha opinião é está, e tirando a parte em que falei da correção dos exercícios, para mim a aula é sempre muito bem aproveitada, e bem legal.” (Aluno 4)*

*“(...)gosto da forma de como da aula e de sua vontade de querer inovar com as opiniões dos alunos.” (Aluno 5)*

*“(...)Nas atividades em sala de aula vem sendo discutido numa forma bem descontraída, em que o professor e aluno estão se entendendo.” (Aluno 6)*

*“(...)O trabalho sendo elaborado no computador e entregue via e-mail é genial, a tecnologia usada para o bem, adquirir conhecimento. Gosto muito dessa ideia pois acho uma ferramenta de extrema importância para pesquisa.” (Aluno 7)*

*“Esse trabalho eu achei interessante mas um pouco difícil de ser feito e eu quero que ele seja bem esclarecido em aula.” (Aluno 8)*

Segundo trabalho: “Quantidade de calor”, (Apêndice C, p. 85) proposto no décimo encontro da segunda UEPS.

*“Analisando o feitiço do trabalho, conclui essa tarefa me parecia exigir muito mais do que realmente foi feito. Terminei o trabalho realizada em saber que física faz parte do nosso cotidiano e não é só aquilo que parece tão distante em livros. Os cálculos foram realizados com sucesso, com o uso devido das fórmulas que devem ser usadas em cada tipo de cálculo. Deu-me vontade de sair medindo e fazendo contas com qualquer objeto em minha casa.” (Aluno 8)*

*“Meu parecer sobre este trabalho é que foi uma experiência um tanto quanto interessante para conhecimento da física no aspecto de calor, uma experiência fácil e simples de ser resolvida, isto torna nosso estudo sobre a física muito mais amplo e mais claro, mais dinâmico e com provas claras de como funciona tudo, minha opinião foi que o trabalho foi muito importante para melhor aprendermos sobre esse assunto em Física.” (Aluno 1)*

*“Considero esse método de aula muito bom, gosto das atividades e acho as aulas dinâmicas. Espero que o próximo trimestre seja composto de atividades semelhantes a essas que estamos realizando. Poderia ser interessante também o acréscimo de avaliações (provas) nesse método de aulas.” (Aluno 2)*

*“As aulas estão se mostrando bem democráticas com espaços para todos tirarem suas duvidas e participarem de TODAS as atividades durante nossos períodos e como nesse trimestre não teremos provas os alunos terão que se esforçarem nos trabalhos e na própria sala de aula.” (Aluno 9)*

*“As aulas têm sido interessantes, a proposta de mostrar, proporcionar e nos instigar experimentos deixa o estudo de uma forma mais agradável de se aprender. O fato de não ter muitas provas quebra um pouco o comum das*

*disciplinas, o que de certa forma não deixe as coisas “robotizadas”, em apenas decorar a matéria. Espero que as aulas continuem com tal dinamismo e que se tornem cada vez melhores.” (Aluno 10)*

*“Adorei a ideia do trabalho e achei muito interessante fazer o experimento e em cima dos dados arrecadados dar procedimento ao trabalho. Simples, fácil e prático!!! Está de parabéns professor por utilizar o meio online e envio, facilita muito.” (Aluno 7)*

*“(...)acho interessantíssimos trabalhos experimentais, aprendo muito mais com eles, inclusive como meio de estudo para uma prova. Aprecio aulas dinâmicas e diferentes da tradicional, mas é claro que sempre da prática vem a teoria, então nem sempre da pra escapar do quadro, explicação, exercício e caderno” (Aluno 11)*

*“Apesar de ficar com dúvida enquanto aos cálculos, gostei muito de por a teoria na prática. Foi uma experiência que trouxe várias curiosidades. Como a temperatura da água em estado sólido ser parecida quando ela entra em estado líquido. Botando em prática e sabendo para que serve o que aprendemos em aula nos trás uma perspectiva melhor da matéria dada e conseqüentemente uma vontade maior de aprender.” (Aluno 5)*

*“Achei a proposta de trabalho boa, porém um pouco complexa. Complexa porque envolve muitos processos. Os cálculos (para mim) foram meio difíceis de resolver por eu não saber que fórmula utilizar, mas eu pesquisei na internet e consegui entender como resolvê-los, e os resolvi. As aulas de física continuam boas, e o conteúdo deste trimestre está mais fácil para entender porque é “calor”. (Aluno 12)*

*“Nesse trabalho sobre calor, não entendi muito bem a parte das perguntas a serem respondidas, por isso não as fiz, acho que deveríamos ter visto mais essa parte dos cálculos em sala de aula, para esclarecer melhor as dúvidas. Consegui realizar os cálculos de cada etapa pedida, porém com certa dificuldade.” (Aluno 13)*

Terceiro trabalho: “Processos termodinâmicos”, (Apêndice D, p. 86) proposto no sétimo encontro da terceira UEPS.

*“Este trabalho foi, na minha opinião, bom. Foi menos complicado do que o último, onde tivemos de fazer a experiência. Este, mais teórico e com possibilidades infinitas de mexer no aplicativo, tornou-se mais “entendido”. As aulas de física continuam boas; os assuntos da matéria estão sendo mais abordados, e eu gosto disso.” (Aluno 12)*

*“Este trabalho na minha opinião foi um trabalho muito interessante pois ele nos permitiu entender e buscar além aquilo que havíamos aprendido em sala de aula junto do professor, por meio dessas pesquisas o assunto ficou mais claro e melhor compreendido por mim e acho que pelos meus colegas também.” (Aluno 1)*

*“Eu gostei muito do trabalho, trabalhos assim me fazem curtir cada vez mais a matéria e compreender melhor, sendo com experiências ou teorias mesmo. As aulas continuam boas e ao meu ver tendem a melhores, a única lastima é que o fim do ano está chegando.” (Aluno 14)*



*“Na minha opinião, embora a interatividade das animações nos proporcione uma aprendizagem mais dinâmica, ainda existem certas dificuldades que venho enfrentando, principalmente nos primeiros dias, logo que é dada uma matéria nova. Mas com o tempo, acredito que essas dificuldades passarão e que vou estar mais habituado a esse método de ensino. Quero ressaltar que minhas dificuldades em relação à matéria são exclusivas da matéria, e não por causa do método de ensino.” (Aluno 10)*

*“(…)O interessante é que o trabalho possui uma dinâmica diferente e se adapta à atualidade, em que estamos cada vez mais utilizando a tecnologia para diversas tarefas. É um bom sistema de avaliação/aprendizado adotado, no meu ver.” (Aluno 15)*

*“Percebi que este trabalho foi muito simples de entender o que o professor propôs. Depois de realizá-lo, consigo notar que é muito mais compreensível a matéria do que imaginei. Acredito que se eu não tivesse realizado o trabalho, estaria menos atenta e não conseguiria relacionar os exemplos na aula durante a explicação.” (Aluno 8)*

*“Gosto muito das aulas, cada vez estão melhorando mais e adoro muito as atividades que são propostas...” (Aluno 16)*

*“Achei bem legal a maneira em que o trabalho foi proposto, pelo fato de ser realizado em cima de animações, ou seja, de nos mesmos podermos realizar o experimento, adicionando e removendo energia, montando gráficos com os resultados, fazendo as transformações e etc. Se puderes continuar propondo trabalhos dessa mesma maneira, acho que seria muito legal.” (Aluno 17)*

Quarto trabalho: *“Primeira lei da termodinâmica”*, (Apêndice F, p. 88) proposto no terceiro encontro da quarta UEPS.

*“As aulas estão se demonstrando totalmente democráticas e horizontais com oportunidades para todos não só tirarem suas dúvidas mas como realmente se sentir parte da dinâmica da sala de aula, particularmente admiro e MUITO seu trabalho e vejo uma educação totalmente nova em você. Como Paulo Freire dizia “Quando a educação não é libertadora o sonho do oprimido é ser o opressor!” (Aluno 9)*

*“Achei a animação muito melhor do que as que nos foram apresentadas anteriormente, com mais conteúdo e interatividade e também venho gostando deste método de ensino.” (Aluno 2)*

*“Particularmente, eu prefiro trabalhos que tenham experiências e assim visualizar melhor as teorias. Mas todos os trabalhos feitos em casa ou na sala de aula, foram bons de se fazer e não tenho problema algum com a didática do professor. Gosto muito de experiências e por mim, quanto mais tiverem melhor a aula fica, mas levando em conta o lado teórico que é muito importante. Só acredito que apresentações não são tão favoráveis aos alunos, a física não é nada fácil e acredito ser necessário uma grande experiência para apresentá-la e tudo mais.” (Aluno 18)*

*“Como sempre, um ótimo jeito de se aprender gostando cada vez mais da matéria, não é algo mecânico como Aula > Exercícios > Prova. É algo em que o aluno interage com o que esta aprendendo e isso é muito importante*

*para se pegar gosto. Se outras matérias fossem desse método certamente, não existiriam muitas reclamações. As aulas e as explicações continuam boas também, e melhorando cada vez mais.” (Aluno 1)*

*“No início do ano, eu organizei uma pasta para colocar as provas, trabalhos e tudo isso. Organizei as matérias por ordem de gosto, afinidade. Física ficou em antepenúltimo, junto de outras matérias exatas. Se me pedissem para fazer essa pasta hoje, certamente a posição da disciplina de física seria bem mais pra frente, e isso tem muito a ver com o professor, com as aulas e com todo o projeto que foi desenvolvido. Hoje eu tenho capacidade de, tranquilamente, conversar sobre calor, termodinâmica, processos de trocas de energia, etc, por menos aprofundado que seja, consigo ter uma conversa com um mínimo de conhecimento acerca disso tudo. Nunca consegui isso antes, dialogar tranquilamente sobre física, me sentir tranquilo sobre o que é dito em aula, participar, me interessar. Por tudo isso, acho interessante o trabalho como um todo, todo o desenvolvimento dos assuntos que tratamos no ano. Sobre esta atividade específica, foi um assunto que não gostei muito, a primeira lei, achei com poucas possibilidades de conversas extra-conteudistas. Mas a animação é legal, como todas têm sido.” (Aluno 19)*

A partir das análises dos pareceres dos alunos, a proposta de ensino através de UEPS e as estratégias utilizadas podem ser consideradas exitosas. Os estudantes aprovaram as estratégias de aula, como podemos identificar em alguns trechos: “(a estratégia das aulas) deixa o estudo de uma forma mais agradável de aprender” (Aluno 10) ou, em outro parecer “Como sempre, um ótimo jeito de se aprender gostando cada vez mais da matéria, não é algo mecânico como Aula > Exercícios > Prova. É algo em que o aluno interage com o que esta aprendendo e isso é muito importante para se pegar gosto.” (Aluno 1) Ou, ainda, “(...)com oportunidades para todos não só tirarem suas duvidas, mas como realmente se sentir parte da dinâmica da sala de aula(...)”(Aluno 9). Estes retornos mostraram que os estudantes sentiram-se motivados com as novas estratégias propostas, pois, de acordo com Ausubel, o aprendiz deve ter predisposição em aprender, sendo que a motivação em aula é de grande relevância para que isto ocorra.

Outros pareceres mostraram que, de acordo com a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, as *situações* propostas permitiram aos estudantes reconhecer, questionar e reelaborar para, finalmente, desenvolver a sua compreensão em relação aos assuntos abordados. Podemos identificar esta sequência de ações cognitivas nos seguintes pareceres:

*“essa tarefa me parecia exigir muito mais do que realmente foi feito. Terminei o trabalho realizada em saber que física faz parte do nosso*

*cotidiano e não é só aquilo que parece tão distante em livros. Os cálculos foram realizados com sucesso, com o uso devido das fórmulas que devem ser usadas em cada tipo de cálculo. Deu-me vontade de sair medindo e fazendo contas com qualquer objeto em minha casa. (Aluno 8)*

*“(...)Foi uma experiência que trouxe várias curiosidades. Como a temperatura da água em estado sólido ser parecida quando ela entra em estado líquido. Botando em prática e sabendo para que serve o que aprendemos em aula nos trás uma perspectiva melhor da matéria dada e conseqüentemente uma vontade maior de aprender.” (Aluno 5)*

É importante ressaltar que a maioria dos pareceres dos alunos apresentaram análises positivas das aulas. No entanto, é preciso colocar que as análises realizadas através dos discursos são sempre motivadas por relações de poder e dominação, ainda muito presentes em nossas salas de aula, apesar dos esforços do professor em torná-las mais democráticas, como pontuado pelo Aluno 9. Bakhtin (1995) coloca que os discursos nunca são neutros, pelo contrário, estão ligados às estruturas sociais e revelam valores sociais de dominação e poder. Assim, o autor desta dissertação acredita que a análise dos pareceres não pode ser ingênua, sendo necessário um longo caminho de trocas diárias com os alunos para que estes percebam que não somente o trabalho do professor está sendo analisado, como também todo o processo de aprendizagem.

Sendo assim, considera-se que tanto a parte motivacional, imprescindível para a predisposição de aprender predita por Ausubel, como a proposição de situações, assim percebida pelos estudantes, foram contempladas de forma satisfatória no decorrer das UEPS. Ambas reforçam a conclusão do autor de que as Unidades de Ensino podem ser consideradas como tendo uma boa aceitação dos estudantes com os quais estas foram desenvolvidas.

### **VIII.II Avaliação da aprendizagem decorrente da aplicação das UEPS**

A seguir, será feita a análise da validade das UEPS para o aprendizado significativo dos estudantes, através da análise de algumas sondagens iniciais e avaliações finais construídas no decorrer das três primeiras e da quarta como um fechamento de todas estas Unidades de Ensino. Tendo em vista que a aprendizagem significativa é progressiva, assim como o domínio de campos conceituais, a aplicação destas unidades de ensino poderá ser considerada exitosa

com base em evidências de aprendizagem, não apenas em comportamentos finais. (Moreira, 2011, p. 46)

### UEPS 1 – Temperatura e dilatação

Como sondagem inicial da UEPS 1 foi proposta a construção de um mapa conceitual sobre a Termodinâmica. Como avaliação final desta unidade de ensino, foi realizada uma avaliação individual, sem consulta (Apêndice A, p.83). Esta prova foi realizada por trinta e três estudantes, sendo que cinco estudantes obtiveram conceito CPA (Construção Parcial de Aprendizagem) e vinte e oito obtiveram conceito CSA (Construção Satisfatória de Aprendizagem). Nesta avaliação, nenhum estudante obteve o conceito CRA (Construção Restritiva de Aprendizagem)<sup>11</sup>.

Os mapas a seguir (Figuras 13, 14 e 15) são uma amostra da sondagem inicial da UEPS 1 e evidenciam um número significativo de conceitos relacionados à Termodinâmica, já existentes na estrutura cognitiva e compartilhados pelo grupo durante a construção do mapa.

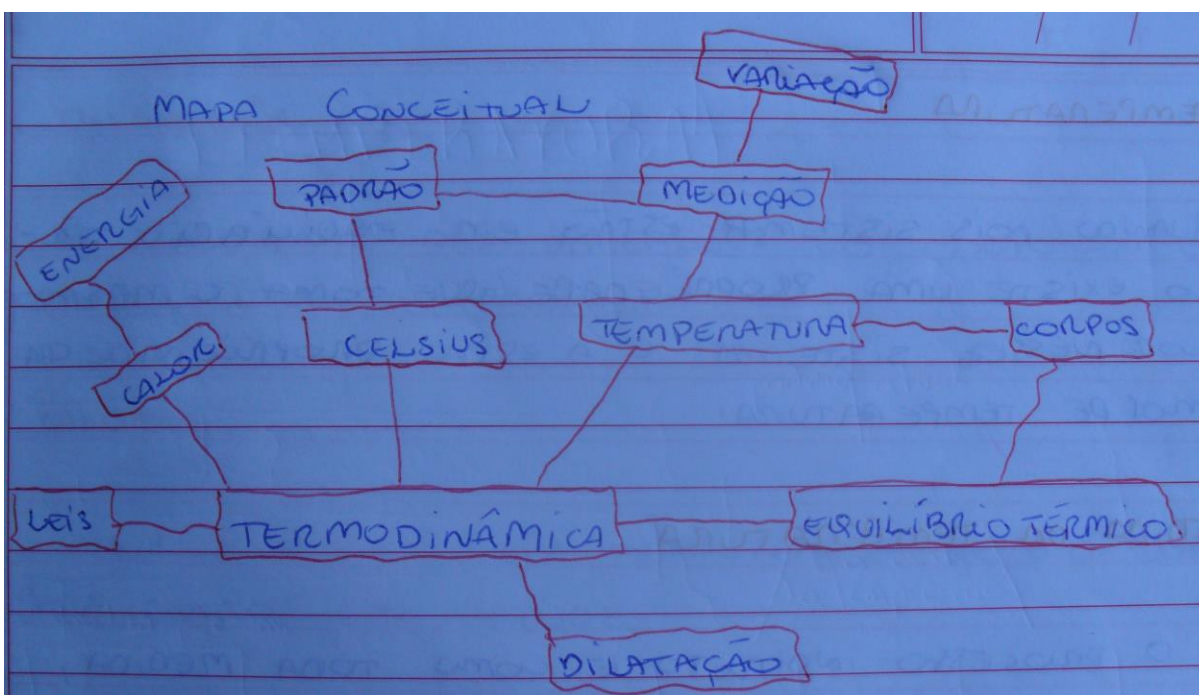
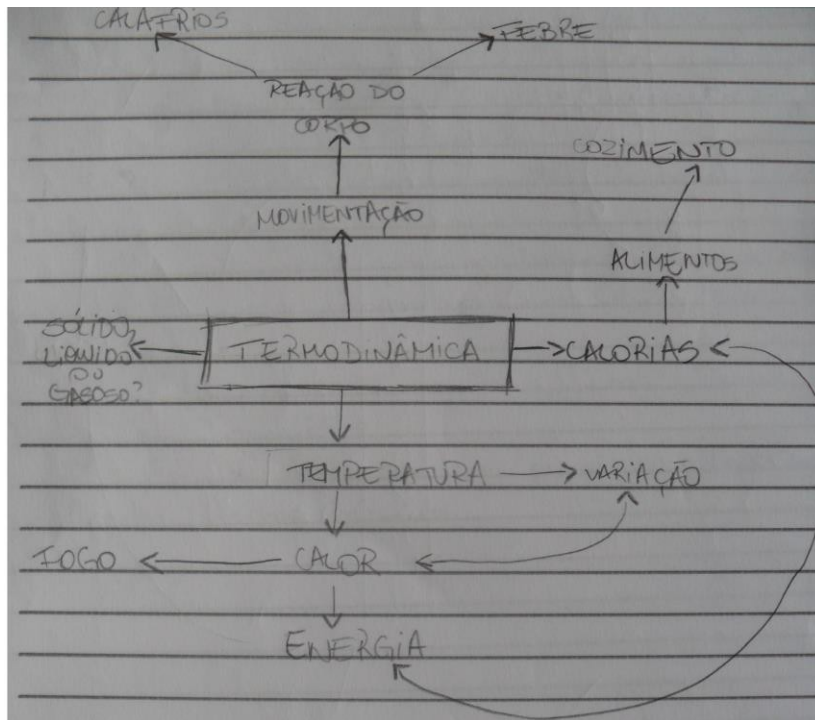
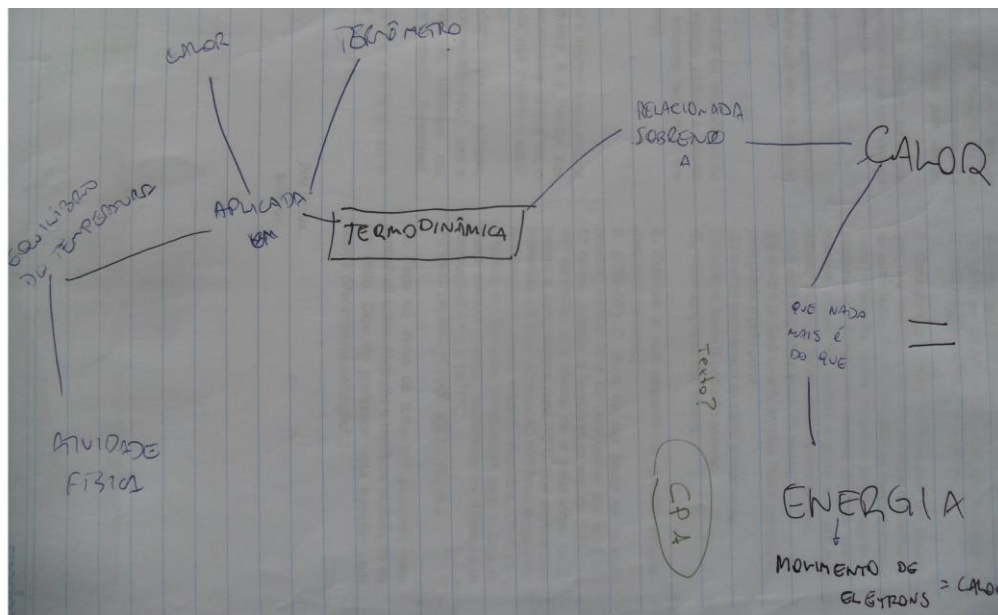


Figura 13: Primeiro mapa conceitual desenvolvido pelo grupo 1.

<sup>11</sup> Conceitos adotados pelas Escolas Estaduais do Rio Grande do Sul para o Ensino Médio Politécnico.



**Figura 14:** Primeiro mapa conceitual desenvolvido pelo grupo 2.



**Figura 15:** Primeiro mapa conceitual desenvolvido pelo grupo 4.

Nos mapas, pode-se observar a existência de muitos conceitos e de estruturas conceituais relacionados à termodinâmica, como os termos calor, energia e temperatura, bem como algumas relações entre estes. No entanto, muitos outros conceitos importantes relacionados ao assunto proposto ainda não podem ser

identificados, assim como as inúmeras relações que se podem estabelecer entre os conceitos que estão contemplados nos mapas. Outras relações que chamam a atenção, como a associação do termo Termodinâmica com fluxo magnético (Figura 13) não foram explicadas pelos integrantes do grupo que construiu o mapa. Na Figura 15, aparecem conceitos importantes relacionados à Termodinâmica, como calor (duas vezes), energia, temperatura. No entanto, transparece as dificuldades dos alunos em estabelecer as relações entre estes conceitos.

Dentro da proposta da UEPS I, uma das questões da avaliação contempla a construção de um mapa conceitual sobre dilatação, sendo que a análise comparativa destes mapas com aqueles construídos pelos estudantes no início da UEPS evidencia uma relação bem clara acerca do conceito de dilatação, que não constou em nenhuma das sondagens iniciais. Dois destes mapas estão a seguir, nas Figuras 16 e 17.

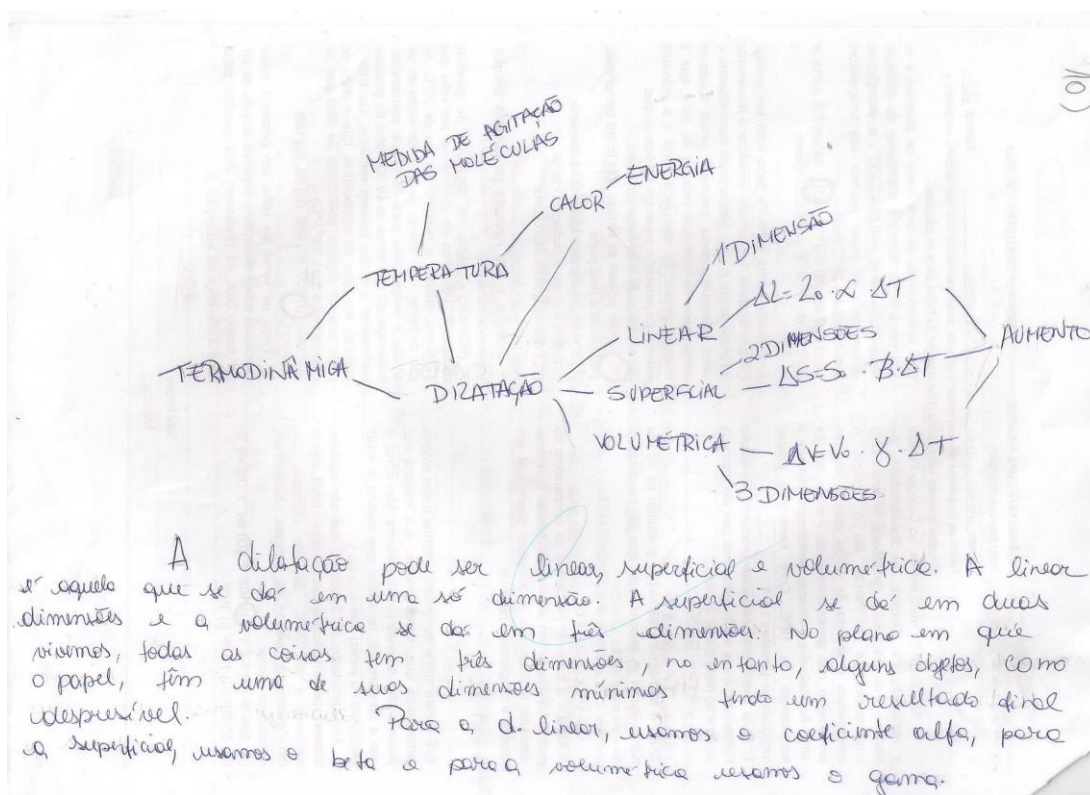
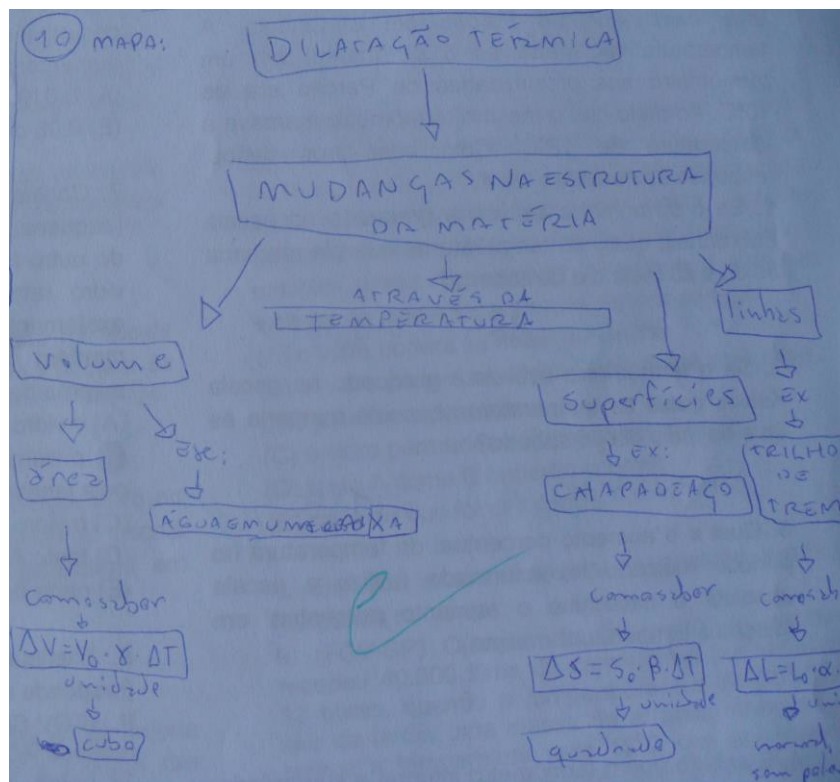


Figura 16: Mapa final da UEPS 1, construído pelo aluno 15, integrante do grupo 1.





**Figura 17:** Mapa final da UEPS 1, construído pelo aluno 20, integrante do grupo 4.

A análise comparativa dos mapas conceituais desenvolvidos em grupos no início da aplicação da UEPS 1 e, individualmente, ao final da aplicação desta Unidade de Ensino sugere não apenas a existência de novas estruturas conceituais, mas uma relação bastante precisa do que é dilatação e como é possível calcular a variação das dimensões de um corpo em função da variação na sua temperatura. A avaliação do conhecimento realizado através de uma prova (Apêndice A, p. 83) também foi satisfatória. Desta forma, considera-se como satisfatória a aprendizagem construída a partir das estratégias utilizadas no decorrer da UEPS 1 – Temperatura e Dilatação.

## UEPS 2 – Calor e Energia Interna

A segunda Unidade de Ensino teve, em seu segundo encontro a construção de um mapa conceitual a partir da palavra calor. Esta dinâmica foi feita em grupos, com até cinco integrantes que compartilharam significados para o tema proposto e procederam à construção de um mapa e de um texto explicativo, consideradas a

sondagem inicial desta Unidade. A seguir, são apresentados e analisados alguns destes mapas (Figuras 18 a 20).

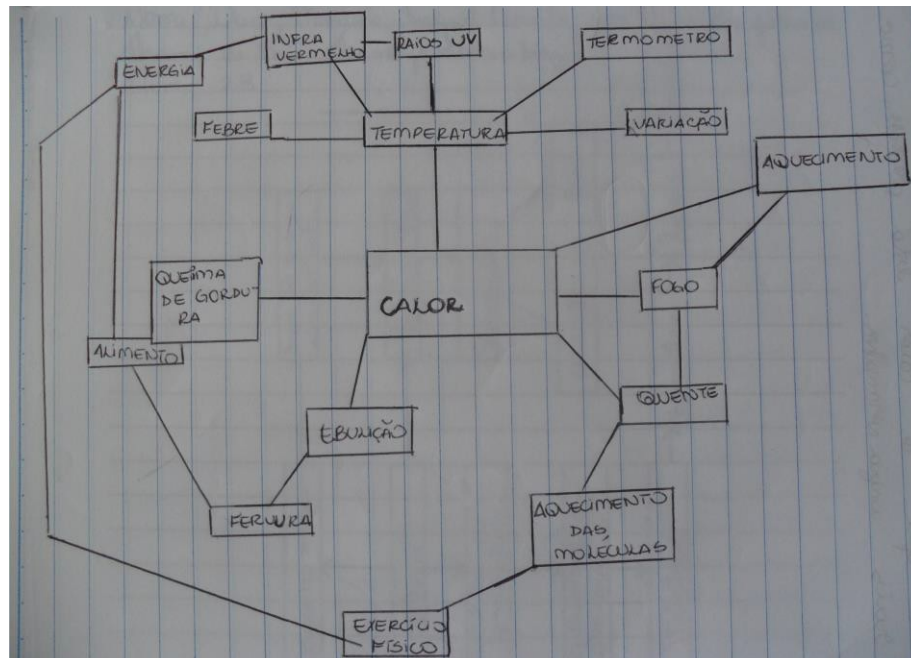


Figura 18: Mapa inicial da UEPS 2, construído pelo grupo 1.

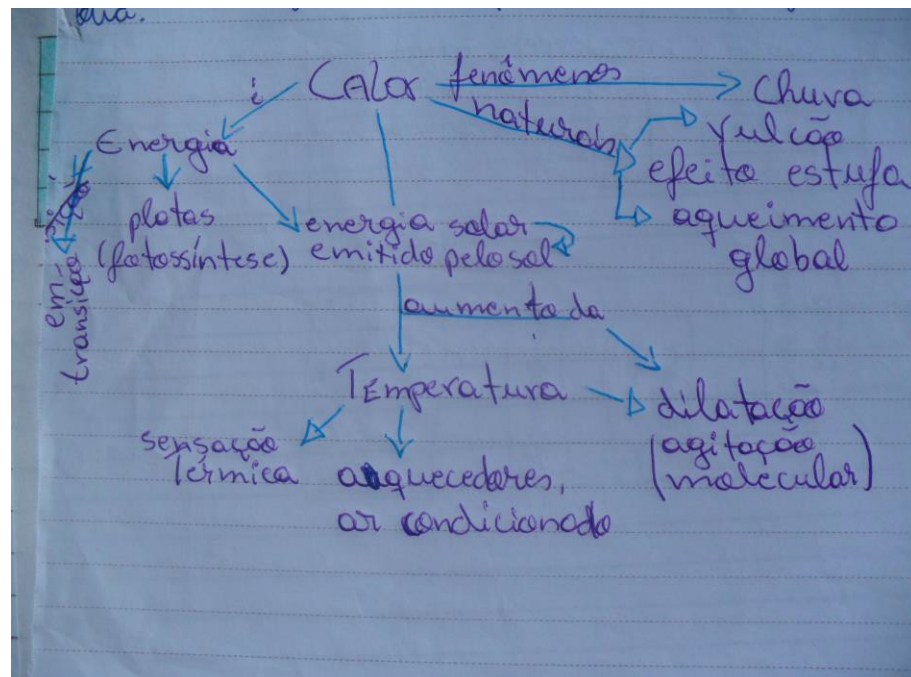
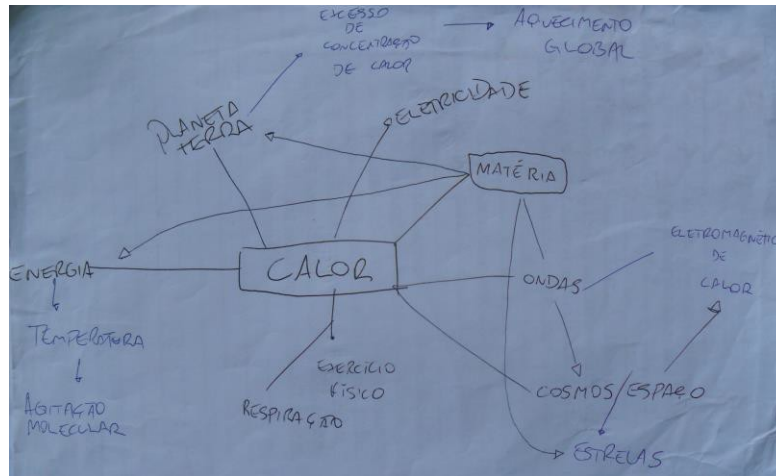


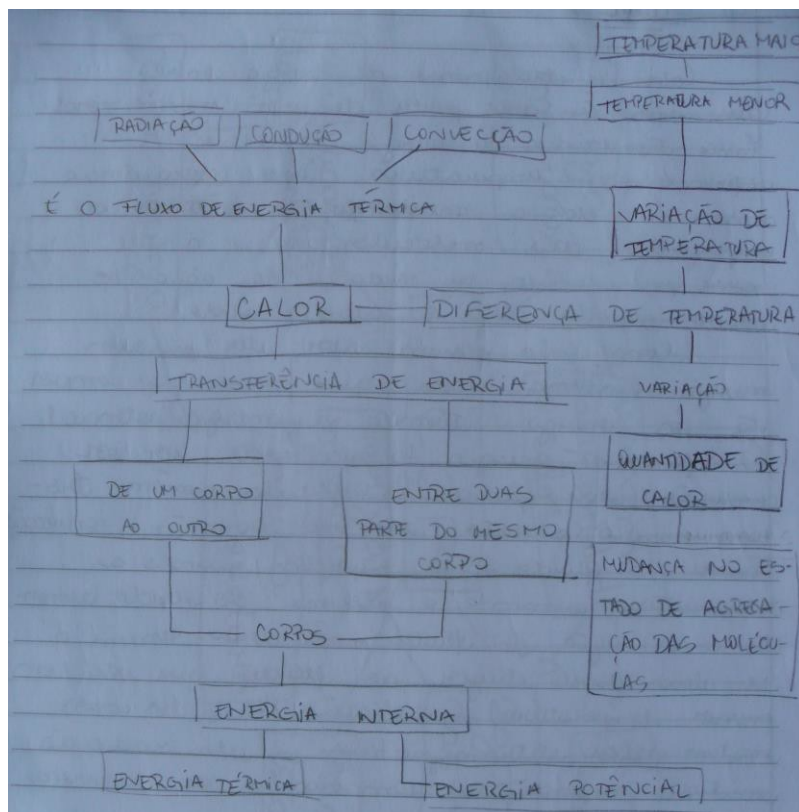
Figura 19: Mapa inicial da UEPS 2, construído pelo grupo 2.



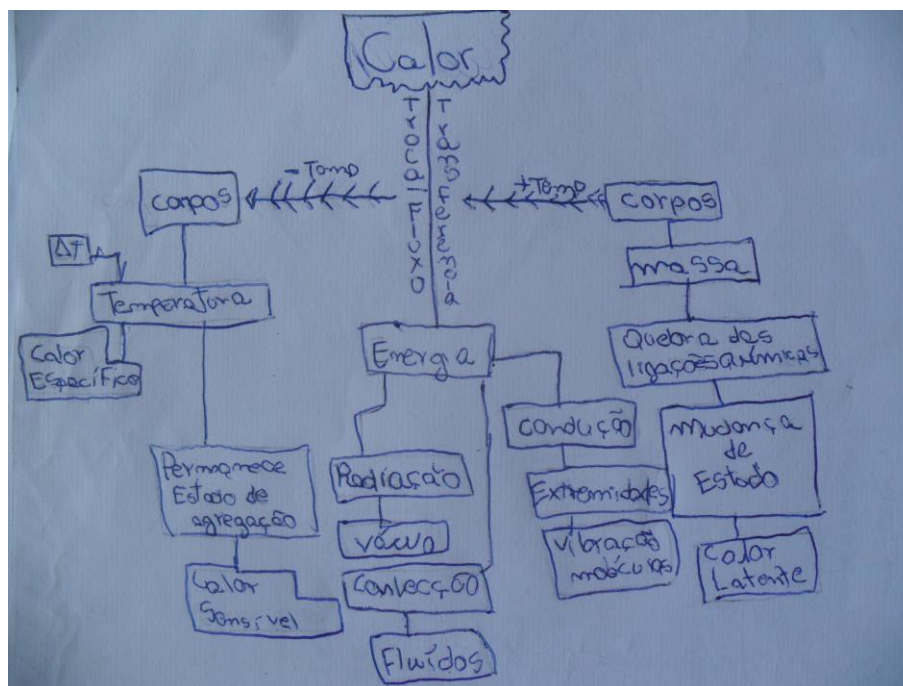


**Figura 20:** Mapa inicial da UEPS 2, construído pelo grupo 4.

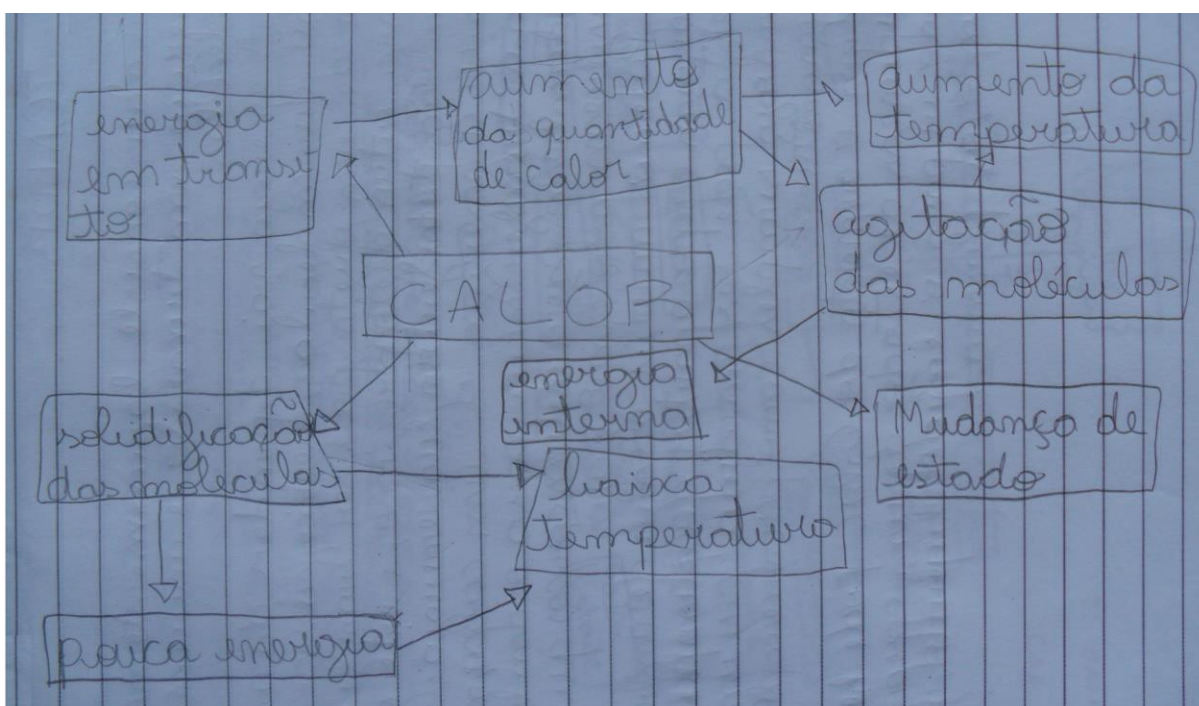
No décimo quarto encontro foi feito um novo mapa sobre calor, sendo este a avaliação final da segunda UEPS. Neste trabalho, esperava-se que os grupos contemplassem o conhecimento construído durante os encontros, bem como o conhecimento prévio acerca do tema e que está relacionado à Física. Exemplos estão nas Figuras 21 a 23.



**Figura 21:** Mapa final da UEPS 2, construído pelo grupo 1.



**Figura 22:** Mapa final da UEPS 2, construído pelo grupo 2.



**Figura 23:** Mapa final da UEPS 2, construído pelo grupo 4.

Como esperado, nos primeiros mapas construídos pelos alunos o conceito calor está relacionado com a sensação e com altas temperaturas, como trazido pelo

texto explicativo do mapa construído pelo grupo 1: “O calor está presente em vários momentos do nosso cotidiano, como aquecimento do motor, queima de gordura, etc.”. O texto do mapa desenvolvido pelo grupo 2 também traz relação semelhante: “Calor é energia de transição... essa energia é de temperatura alta, presente em aquecedores e ar condicionados.” No mapa e no texto elaborados pelo grupo do grupo 4, há relação muito semelhante: “Calor é energia trocada, ou seja, agitação das moléculas, quanto maior o calor, maior a agitação das moléculas...”. Percebe-se que há relação com o calor enquanto energia em trânsito, porém, não é falado em diferença de temperatura. Outro assunto que os estudantes mostraram ter conhecimento prévio muito próximo do aceito pela Física foi o relacionado à propagação do calor através de ondas eletromagnéticas. Os textos explicativos contêm elementos que identificam este conhecimento: “...o calor está presente nos raios infravermelhos” (grupo 1), “...esta energia também é aproveitada para gerar energia elétrica, através da radiação solar” (grupo 2) e, ainda “a agitação das moléculas emite radiação, e é por este fator que podemos sentir o que denominamos temperatura.” (grupo 4). É interessante destacar que alguns os mapas trazem uma concepção prévia muito próxima da aceita cientificamente no que diz respeito às ondas eletromagnéticas. Estes conceitos foram retomados durante o decorrer da UEPS, relacionando-os com os novos conhecimentos aprendidos, como, por exemplo, fonte quente e fonte fria.

Já nos mapas finais das UEPS, ficou bastante evidenciado o conhecimento de que o calor é energia em trânsito em função da diferença de temperatura entre dois sistemas. Os três mapas trazem os fenômenos de condução, convecção e radiação. As relações entre os conceitos, explicadas através dos textos que acompanham os mapas, também mostram uma compreensão destes: “quando ocorre a mudança de estado físico, há quebra de ligações químicas do corpo (calor latente), sem variação de temperatura.” (grupo 2), “corpos não possuem calor, eles possuem energia interna.”

Estas evidências da aprendizagem permitem ao autor deste trabalho considerar a UEPS proposta como exitosa em termos de aprendizagem, considerando-a válida para o ensino dos conceitos abordados.

### UEPS 3 – Pressão e comportamento dos gases

A sondagem inicial desta Unidade foi conduzida como atividade extraclasse, sendo realizada após o primeiro encontro, no qual foi abordado o conceito de pressão. Neste trabalho, foi solicitado que os estudantes tentassem relacionar este novo conceito àqueles abordados nas UEPS 1 e 2. Dois destes mapas (Figuras 24 e 25) serão discutidos a seguir.



Figura 24: Mapa inicial da UEPS 3, construído pelo grupo 1.

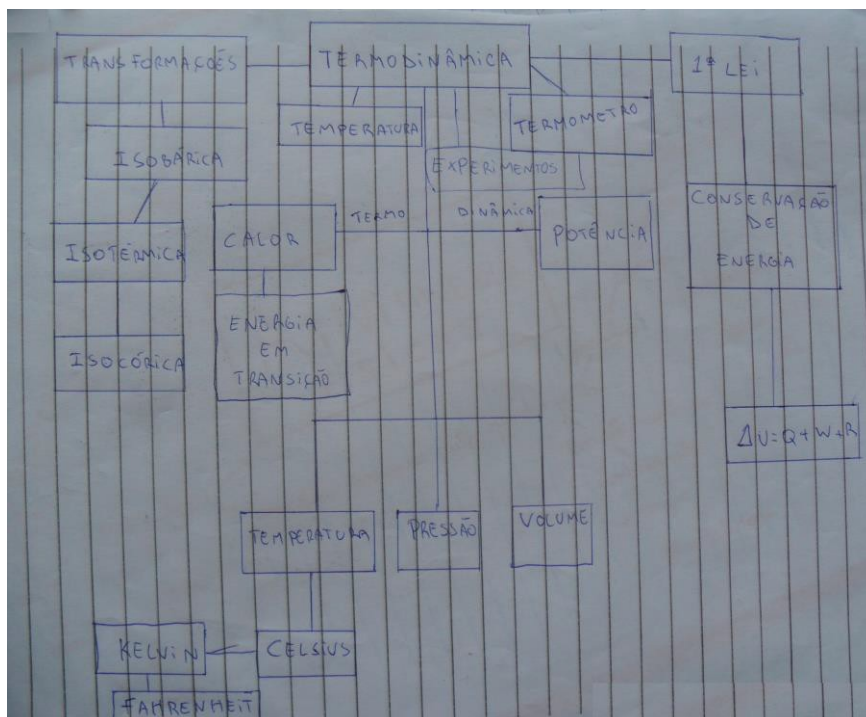


Figura 25: Mapa inicial da UEPS 3, construído pelo grupo 3.

Estes mapas trazem as relações entre pressão e os demais conceitos da termodinâmica já no contexto das transformações sofridas por uma amostra de gás. No texto explicativo do mapa construído pelo grupo 3, há apenas uma frase relacionada a estas transformações: “Possui várias transformações, dentre elas estão a isobárica, a isotérmica e a isocórica.” Como a construção deste mapa possibilitava que os estudantes realizassem pesquisas, é provável que estes conceitos, bastante específicos, tenham sido retirados das fontes de pesquisa, ou seja, não se pode afirmar que são conceitos previamente dominados pelos estudantes.

Ao final da terceira UEPS foi realizada uma avaliação individual, sendo esta a avaliação final desta Unidade de Ensino. Esta avaliação pode ser encontrada nos Apêndice E (p. 87) desta dissertação. Foi realizada por vinte e nove estudantes, sendo que vinte e sete deles obtiveram conceito CSA e apenas dois estudantes obtiveram conceito CPA. Nenhum estudante obteve conceito CRA. Tendo em vista o bom desempenho geral da turma, considera-se como satisfatória a construção dos conhecimentos acerca do comportamento dos gases e das transformações sofridas por estes. Enfim, considera-se válida esta Unidade de Ensino para a compreensão do comportamento dos gases.

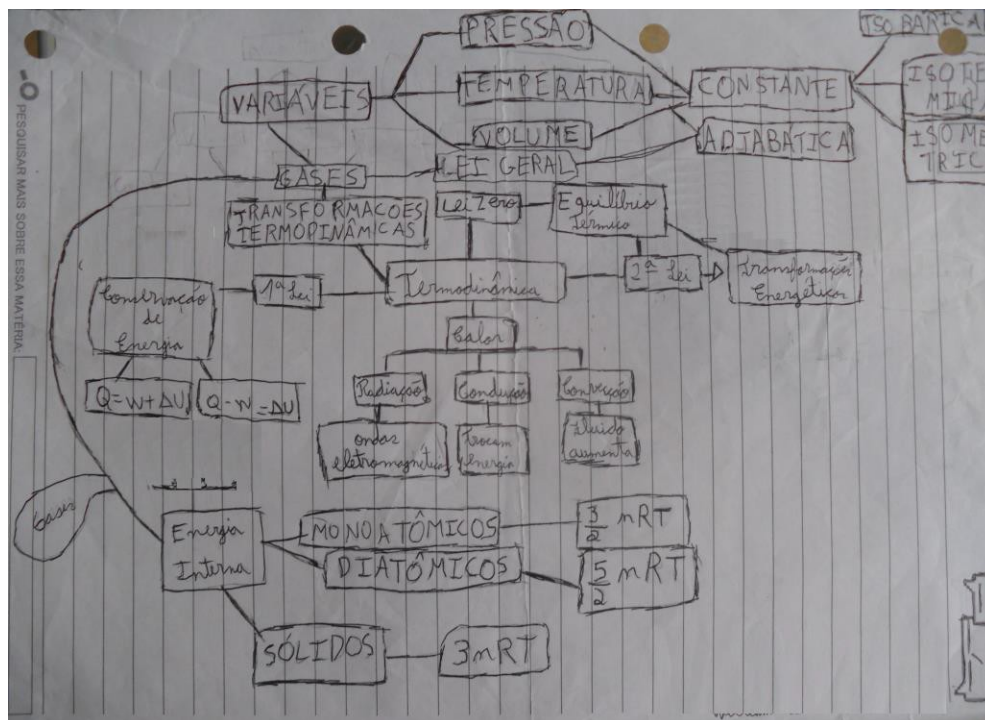
#### **UEPS 4 – Primeira Lei da Termodinâmica.**

Esta unidade de ensino é considerada pelo autor como um fechamento das três primeiras, especialmente por utilizar conceitos vistos anteriormente, como pressão, variação do volume, temperatura, energia interna, trocas de calor, quantidade de calor, transformações termodinâmicas. Assim, serão consideradas como sondagens iniciais as realizadas durante as três primeiras unidades de ensino.

Como avaliação final das quatro unidades de ensino propostas, foi proposta a construção e apresentação de mapas conceituais. Os estudantes dispuseram de dois encontros para compartilharem significados e construir seus mapas, além de discussões em encontros extraclasse, de acordo com a organização de cada grupo.

O primeiro grupo apresentou seu mapa no anfiteatro da escola. Este mapa foi desenhado no quadro branco disponível no local. A versão em papel, com a mesma estrutura e conceitos da versão apresentada pode ser vista na figura 26.





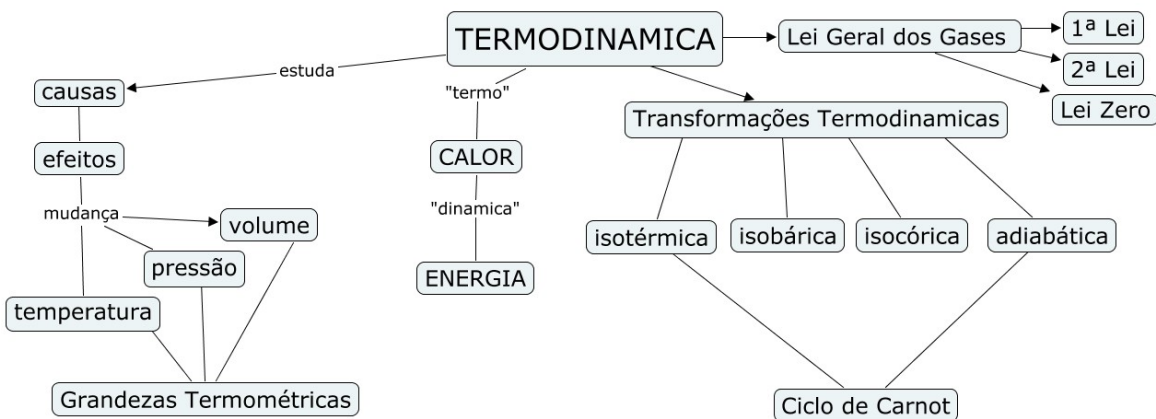
**Figura 26:** Mapa conceitual final apresentado pelo grupo 1.

Neste mapa pode-se perceber uma estrutura contendo muitos conceitos, corretamente relacionados entre si. Aborda os principais conceitos estudados nas quatro unidades de ensino, sendo que na apresentação deste ficou evidente a clareza com que os integrantes do grupo falavam sobre estas relações.

O segundo grupo também apresentou o mapa de conceitos no anfiteatro da escola e utilizou uma dinâmica interessante para a apresentação. Como foi dito anteriormente, os conceitos foram feitos em papel, assim como as setas e palavras-chave e, em seu verso, foram coladas fitas dupla-face. Enquanto cada estudante fazia sua fala, o mapa era montado na parede do anfiteatro. Assim, as relações entre os conceitos foram sintetizando a apresentação falada. Infelizmente, a fita de algumas palavras não aderiu à parede e algumas palavras desprenderam-se antes do término do mapa, precisando ser recolocadas. Mas estes contratempos não comprometeram a apresentação. O mapa construído com a dinâmica acima também foi construído pelos estudantes com o software *CmapTools*, enviado por e-mail para o professor, e pode ser visto na Figura 27.

Vemos que este mapa é bastante sucinto, mas, acompanhando o grupo ao longo dos desenvolvimentos dos mapas anteriores, pode ser afirmado que a

simplificação não revela que poucos conceitos foram assimilados pelos integrantes do grupo. Pelo contrário, a clareza com que o grupo apresentou este mapa evidencia que a compreensão dos estudantes lhes permitiu filtrar os principais conceitos e optar pela construção de um mapa mais sintético.



**Figura 27:** Mapa conceitual final apresentado pelo grupo 2.

No terceiro grupo, apenas duas integrantes estavam presentes no dia da apresentação, que foi realizada em sala de aula. A apresentação deste trabalho (Figura 28) não teve a fluidez que se pôde observar nos demais grupos, sendo que algumas partes do mapa não foram explicadas. Assim, embora o mapa possa ser considerado satisfatório, provavelmente os conceitos ainda estão em construção nas estruturas cognitivas e, de acordo com Ausubel, pode ocorrer ao longo de um maior período de tempo.





O mapa conceitual final apresentado pelo grupo 4 evidencia que houve um grande avanço em relação aos desenvolvidos anteriormente pelos integrantes do grupo. No entanto, ainda há algumas relações que não são contempladas como, por exemplo, entre as variáveis e as transformações termodinâmicas ou entre a primeira lei, a quantidade de calor e a variação da energia interna.

### **VIII.I A modo de conclusão**

Assim, analisando o fechamento de cada UEPS e, ao final, o fechamento das quatro Unidades de Ensino como um todo, considera-se satisfatório o aprendizado decorrente das estratégias desenvolvidas e narradas neste trabalho. Especialmente, destaca-se a papel motivacional, amplamente referenciada pelos estudantes em seus pareceres. Não houve avaliações negativas no que diz respeito à organização das aulas ou à proposição da abordagem da termodinâmica por meio de UEPS. Alguns pareceres traziam preocupação em relação à quantidade de exercícios ou na realização de provas. É necessário observar que a avaliação emancipatória ressalta a reflexão acerca das práticas pedagógicas e deve ser o eixo fundamental do processo de aprendizagem, porém a preocupação com “a prova” ainda está muito arraigada no discurso escolar, ficando evidenciada nos pareceres dos alunos.

Em relação à avaliação do aprendizado, nota-se uma maior clareza dos estudantes em relação aos conceitos abordados nas quatro UEPS. Para exemplificar, temos os conceitos de calor e temperatura, que apareciam bastante próximos nos primeiros mapas conceituais elaborados pelos estudantes, e que aparecem mais afastados um do outro nas versões apresentadas ao final da quarta UEPS. Esta separação sugere que há uma compreensão de que estes conceitos são distintos, embora inter-relacionados, o que é reforçado pelas conexões estabelecidas para cada um destes conceitos.

Enfim, muitos estudantes puderam perceber que a proposta vai muito além do aprendizado da Termodinâmica ou da Física, permitindo àqueles que participaram do projeto reconhecer seu papel em uma sala de aula como protagonista do processo de educação. Mal sabiam eles que, na verdade, estavam no papel central, ensinando para o eterno aluno que almejava tornar-se um Mestre.

## IX. Referências bibliográficas

ARAUJO, I. S. **Simulação e modelagem computacionais como recursos auxiliares no ensino de física geral**. Tese de Doutorado, UFRGS, 2005.

ARAÚJO, M. S. T. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. V.25 Nº.2, junho, 2003 p. 176 – 194, 2003. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2.pdf> (acesso em 24/08/2014).

AZEVEDO, J. C. **Reestruturação curricular do Ensino Médio. Apresentação sobre estágio da reforma do Ensino Médio**. (2013), Disponível em <http://www.cdes.rs.gov.br/biblioteca>. Acesso em 24/08/2014.

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 7.ed. São Paulo: Hucitec, 1995

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Introdução à modelagem científica**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2010, v. 21. n. 6.

CUNHA, S. L. S ; TAROUCO, L. M. R. ; ANDRADE, C. B. ; NUNES, C. E. C. ; VARZIM, C. S. ; ACOSTA, R. B. ; ROLAND, L. C. ; PRADELLA, M. . **Primeira Lei da Termodinâmica**. 2006. Disponível em <http://fisica.ufrgs.br/cref/OA>. Acesso em 16/08/2014.

CUNHA, S. L. S ; TAROUCO, L. M. R. ; ANDRADE, C. B. ; NUNES, C. E. C. ; VARZIM, C. S. ; PRADELLA, M. ; ACOSTA, R. B. ; ROLAND, L. C. **Os Processos Termodinâmicos**. 2006. Disponível em <http://fisica.ufrgs.br/cref/OA>. Acesso em 16/08/2014.

CUNHA, S. L. S ; TAROUCO, L. M. R.; ANDRADE, C. B. ; NUNES, C. E. C. ; VARZIM, C. S. ; PRADELLA, M. ; ACOSTA, R. B. ; ROLAND, L. C. **O Experimento de Joule**. 2006. Disponível em <http://fisica.ufrgs.br/cref/OA>. Acesso em 16/08/2014.

De Carli, E. **Água fervendo**. Canal de vídeos É tudo Física. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Lj3TI050hxA&index=7&list=UUv97dFj8E005EULGZEXARxA> . Acesso em 24/08/2014.

De Carli, E. **É tudo Física**. Disponível em <https://www.youtube.com/user/eloirdecarli>. Acesso em 24/08/2014.

FELIPE, C.P. & FARIA, C.O. **Uma apresentação do RIVED - Rede Internacional de Educação**. XI-CIAEM, Conferência Interamericana de Educação Matemática. Blumenau, Santa Catarina - Brasil - Maio 2003. Disponível em <http://rived.mec.gov.br/artigos/ciaem.pdf> (acesso em 18/08/2014)

GASPAR, A. **Compreendendo a Física: ensino médio / Alberto Gaspar. V. 2.** Ondas, óptica, termodinâmica. São Paulo : Ática, 2010

GONÇALVES, L. J. **Física Térmica**, disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/> (acesso em 24/08/2014).

GONÇALVES, L. J. **Uso de animações visando a aprendizagem significativa de Física Térmica no ensino médio.** Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2005.

GRIEBELER, A. **Inserção de Tópicos de Física Quântica no Ensino Médio através de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa.** Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2012

MOREIRA, M. A., MASINI, E. F. S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

MOREIRA, M. A. **Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como referência para a organização do ensino de ciências.** Porto Alegre: Ed.da Universidade, UFRGS, 1983.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem.** 2. Ed. Ampl. São Paulo : EPU, 2011-b.

MOREIRA, M. A. **UNIDADES DE ENSEÑANZA POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS.** Aprendizagem Significativa em Revista. V.1 Nº.2, p. 43 – 63, 2011-a. Disponível em [http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo\\_ID10/v1\\_n2\\_a2011.pdf](http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf). (acesso em 14/08/2014).

PINHEIRO, L. A. **Partículas Elementares e Interações Fundamentais no Ensino Médio.** Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2011.

SEDUC – Secretaria de Educação do Estado do Rio Grande do Sul. **PROPOSTA PEDAGÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO POLITÉCNICO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL INTEGRADA AO ENSINO MÉDIO - 2011-2014.** Disponível em [http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens\\_med\\_proposta.pdf](http://www.educacao.rs.gov.br/dados/ens_med_proposta.pdf). (Acesso em 12/08/2014).

Site do autor

<http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/> (acesso em 18/08/2014)

Site do Centro de Referência para o Ensino de Física – CREF  
<http://www.if.ufrgs.br/cref/> (acesso em 18/08/2014)

Site do Metroclima:

[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/metroclima/default.php?reg=9&p\\_secao=12](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/metroclima/default.php?reg=9&p_secao=12)

[http://www2.portoalegre.rs.gov.br/metroclima/default.php?reg=13&p\\_secao=12](http://www2.portoalegre.rs.gov.br/metroclima/default.php?reg=13&p_secao=12)

Site do RIVED – Rede Interativa Virtual de Educação  
<http://rived.mec.gov.br/projeto.php> (Acesso em 18/08/2014)

REKOVVSKY, L. **Física na cozinha.** Dissertação de Mestrado, UFRGS, 2012.

## X. Apêndices

### Apêndice A – Prova: escalas termométricas e dilatação



COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI

FÍSICA – 1º TRIMESTRE – 2º ANO

Prof. Marcos Pradella

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Todas as respostas devem estar a caneta, acompanhadas das respectivas unidades e cálculos quando necessário. Use o verso da folha para os cálculos.

No dia 18 de maio houve, no Colégio Piratini a realização da Gincana da Solidariedade. As atividades da fria manhã de sábado iniciaram com uma caminhada do Parcão até o Colégio. A temperatura registrada às 8 da manhã em um termômetro nas proximidades do Parcão era de 10°C. Ao meio-dia, o mesmo termômetro marcava a temperatura de 18°C. Com base nos dados, responda as questões 1 a 4.

1. Se o termômetro estivesse graduado na escala Fahrenheit, quais as temperaturas que ele marcaria às 8h e ao meio dia do sábado?

2. Se o termômetro estivesse graduado na escala Kelvin, quais as temperaturas que ele marcaria às 8h e ao meio dia do sábado?

3. Qual a o aumento percentual da temperatura no período indicado no enunciado (utilize a escala absoluta e determine o aumento percentual em relação à temperatura mínima).

4. É sabido que o termômetro informa a sua própria temperatura que, supostamente, é a mesma das proximidades de onde ele se encontra. Mas afinal, o que é temperatura, ou ainda, que medida é esta? (responda no verso)

5. Um estudante de medicina fazendo estágio, observa que um paciente apresenta-se febril, com a temperatura de 39°C. Se ele utilizasse um termômetro graduado na escala Fahrenheit, encontraria o valor:

(A) 104 °F (B) 82 °F (C) 102 °F (D) 84 °F (E) 40 °F  
(G) 37,7°F (H) 100°F (I) 39°F

6. O comprimento de uma haste de alumínio é de 150 cm a 0 °C. Sendo o coeficiente de dilatação linear do alumínio  $\alpha=0,0000240\text{C}^{-1}$ , a variação do comprimento da haste quando sua temperatura aumentar para 25 °C será:

(A) 0,019 cm (B) 0,01 cm (C) 0,09 cm (D) 0,019 m  
(E) 0,05 cm (F) 0,09 mm (G) 0,019mm

7. Considere uma porta de ferro com um postigo (pequena janela que permite visualizar o movimento do outro lado). A uma temperatura desconhecida o vidro retangular desta pequena janela ajusta-se exatamente na estrutura externa de ferro que o mantém preso. Se apenas a porta e a estrutura externa da janela for aquecida verifica-se que:

(A) o vidro poderá se soltar da janela.  
(B) o vidro poderá se trincar, pois ficará comprimido pela janela e pela porta  
(C) o vidro permanece ajustado exatamente.  
(D) tanto A como B poderão ocorrer.  
(E) nada do que foi dito ocorre.

8. Explique a sua resposta na questão anterior. (responda no verso)

9. (FGV-SP) O dono de um posto de gasolina recebeu 40.000 litros de combustível por volta das 12 horas, quando a temperatura era de 35°C. Ao cair da tarde, uma massa de ar polar vindo do sul baixou a temperatura para 15°C que permaneceu inalterada até que todos os 40.000 litros de gasolina resfriassem e então, fossem vendidos. Qual foi o prejuízo, em litros de combustível, que o dono do posto sofreu? (Dados: coeficiente de dilatação do combustível é  $1,0 \times 10^{-3} / \text{°C}$ )

(A) 1400. (B) 800. (C) 600. (D) 80. (E) 160.

10. Faça no verso da folha um pequeno mapa conceitual sobre dilatação e explique através de em um texto. Dica do professor: esta questão pode fazer a diferença na avaliação! ;)

Boa Prova.

Marcos



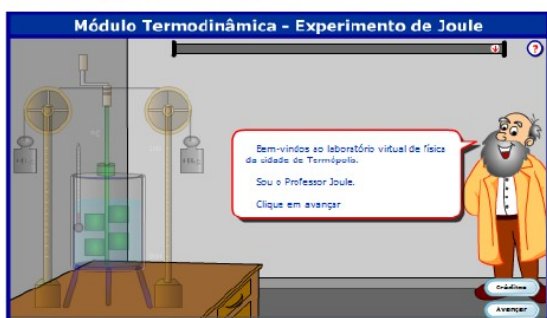
## Apêndice B – trabalho: conceito de calor e experimento de Joule

[CONCEITO DE CALOR E EXPERIMENTO DE JOULE] PROF. MARCOS PRADELLA - FÍSICA



A proposta desta atividade é a utilização da animação “Experimento de Joule” e a entrega de duas atividades distintas. Ao término da aula no **laboratório de informática**, cada dupla deverá **entregar, por escrito, a resposta das perguntas** feitas na apresentação do *Objeto de Aprendizagem*. **Em casa**, e individualmente, a animação deverá ser explorada novamente e esta exploração deverá ser descrita através de um **relatório, a ser enviado ao professor via e-mail**. Ressalto que em todas as etapas estou disponível para tirar dúvidas, via e-mail ou em sala de aula.

Inicialmente, acesse a animação **Experimento de Joule**, disponível em: [http://ief.if.ufrgs.br/~marq/fis1\\_ativ2\\_experimento\\_Joule.swf](http://ief.if.ufrgs.br/~marq/fis1_ativ2_experimento_Joule.swf). É possível que na primeira vez que o link seja acessado o conteúdo não seja apresentado de forma correta. Neste caso, tente novamente, atualizando a página (F5) e caso o problema persista entre em contato. Abaixo segue uma imagem da animação.



Print da tela da Animação

### Apresentação do relatório

O relatório deverá conter necessariamente cinco itens, destacados em **negrito** a seguir: **capa**; **introdução**; **desenvolvimento**; **conclusão**.

Os quatro primeiros itens devem ser focados no conteúdo de que trata a animação, devendo ser de própria autoria, não copiado da animação ou de

outras fontes. Também é possível que o relatório seja enriquecido com imagens dos próprios aplicativos (recortes de “prints” da tela), por exemplo. Responda, neste relatório às perguntas que seguem. A visão da Ciência pode mudar com o passar do tempo? O conceito de calor atualmente aceito pode ser considerado definitivo? Como Joule chegou ao equivalente mecânico entre o calor e a energia mecânica? Esbanje de sua criatividade!

O quinto item do trabalho é um **parecer sobre a atividade proposta**, ou seja, um espaço onde você pode colocar suas impressões sobre a aula, a animação e as atividades propostas a fim de melhorá-las. Ressalto que o teor deste último item não será avaliado no trabalho, apenas deve constar este parecer no relatório.

O trabalho deverá ter **capa** e estar dentro das normas ABNT. Procure fazer seu trabalho em forma de relatório, evitando estruturas pergunta-resposta. Enfim, esbanje de sua criatividade. Data de entrega do trabalho 28/06/2013 via e-mail até as 23h59min.

Endereço de e-mail:

[seduc.marcos.pradella@gmail.com](mailto:seduc.marcos.pradella@gmail.com)

**Observação:** No título do e-mail, inicie com a turma e o seu nome. Por exemplo: **1A\_Marcos**.

Não será aceita a entrega de trabalhos fora do prazo, por nenhum meio de entrega.

Bom Trabalho.  
Prof. Marcos

## Apêndice C – Trabalho: quantidade de calor

[QUANTIDADE DE CALOR] PROF. MARCOS PRADELLA - FÍSICA



O trabalho consiste na realização de um experimento e na sua descrição, através de um relatório. O objetivo central do trabalho é determinar a quantidade de calor fornecida pela chama do fogão a uma amostra da água em um certo tempo. Leia atentamente todas as instruções antes de iniciar a atividade e, caso julgue necessário, peça a ajuda a um familiar.

### Materiais necessários:

Cronômetro ou relógio;  
Uma porção de gelo (em torno de 15 cubos);  
Um recipiente que possa ser levado ao fogo (preferencialmente um recipiente pequeno, como uma panela pequena ou uma leiteira);  
Um recipiente que possibilite a medida de volume ou uma balança;  
Um fogão (qualquer tipo) ou chaleira elétrica.

### Procedimento experimental

Coloque o gelo no recipiente a ser levado ao fogão, coloque-o em fogo baixo (mínimo) e inicie a contagem do tempo. Mexa com uma colher para que a mistura gelo + água (resultante do derretimento) possa ter uma temperatura aproximadamente constante. Antes que o gelo derreta completamente, desligue o fogo, pare o cronômetro e continue agitando. Verifique que a temperatura da água permanece muito baixa, este teste pode ser realizado com o tato ou com termômetro, mas este último deve ser próprio para a medida de temperatura da água. **Não utilize termômetro clínico, usado para medir a temperatura do corpo.**

A seguir, você irá determinar a quantidade de água resultante do derretimento do gelo. Para isso, você deve utilizar um recipiente com graduação (em ml) ou a balança.

Na sequência, recoloque a água no recipiente e leve novamente ao fogo baixo. Meça o tempo necessário para que ela entre em ebulição.

### Entendendo o processo

Para que o gelo derreta, é necessário adicionar calor. O que pode ser observado nesta etapa é que a quantidade de calor que flui da chama do fogão (maior temperatura) para o recipiente e deste para o gelo (menor temperatura) ocasiona a mudança de estado físico da água, que passa do estado sólido para o estado líquido (idealmente, a temperatura permanece constante durante o processo). De forma semelhante, durante o aquecimento da água ocorrem processos de troca de energia entre a chama e a água. Medindo o tempo e calculando as quantidades de calor necessárias para cada etapa, teremos a taxa com que o fogão fornece calor à água. Podemos, assim, estimar o tempo necessário para a completa transformação da água de seu estado líquido para o estado gasoso.

### Calculando Q e $P_m$

Para cada das etapas, você deverá fazer o cálculo da quantidade de calor (Q) envolvida. Para isso, é necessário conhecer a massa de água envolvida. Com a medida do volume da água e sabendo que a densidade desta é 1g/ml, pode-se calcular a massa. Se você utilizar a balança, a medida da massa aparece diretamente no aparelho. Determine a quantidade de calor em caloria e em Joules. Determine também a taxa que o fogão forneceu esta energia, em calorias por minuto e em Joules por segundo. Esta será a potência média do fogão ( $P_m$ ) durante cada processo. No SI, a unidade de medida de potência é o W (Watt), sendo que 1 J/s = 1W. Na sequência, determine qual a quantidade de calor que seria necessária para que toda a água, já em ebulição, passasse para o estado de vapor. Determine quanto tempo seria necessário para que isto acontecesse, se utilizado o mesmo procedimento que fez com que a temperatura da água aumentasse durante o experimento.

### Apresentação do relatório

O relatório deverá conter **capa, introdução, materiais utilizados, descrição do experimento, valores obtidos, conclusão** e um parecer. Também é recomendado que o relatório seja enriquecido com fotos. Talvez você necessite fazer uma pesquisa em relação às temperaturas de fusão e ebulição, além do calor específico, do calor latente de fusão e de vaporização da água. Neste caso, indique a **bibliografia** pesquisada. Perguntas que podem ser discutidas no relatório: Em quais situações a temperatura durante o derretimento do gelo mantém-se constantes? Todo o calor despreendido na queima do gás é aproveitado pela água? Quais os processos de troca de energia estão envolvidos? Explique estes processos. O **parecer sobre a atividade proposta**, é um espaço onde você pode colocar suas considerações sobre todas as atividades propostas, as aulas e outras atividades propostas a fim de que estas possam ser melhoradas.

### Envio/entrega do trabalho

Datas de entrega do trabalho: impresso ou manuscrito 16/08/2013, na aula. Via e-mail: 18/08/2013. Endereço de e-mail:

[seduc.marcos.pradella@gmail.com](mailto:seduc.marcos.pradella@gmail.com)

**Observação:** Assunto do e-mail Turma e o seu nome. Por exemplo: **2A\_Marcos**

Esbanje de sua criatividade e bom trabalho!  
Prof. Marcos



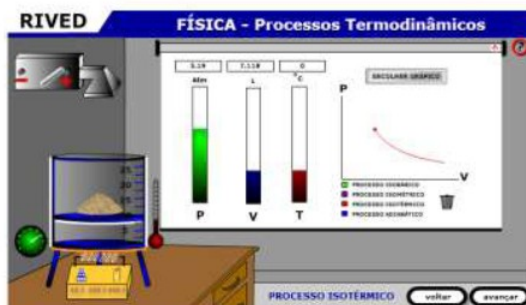
## Apêndice D – Trabalho: processos termodinâmicos

[PROCESSOS TERMODINÂMICOS] PROF. MARCOS PRADELLA - FÍSICA



A proposta desta atividade é a utilização da animação “Processos termodinâmicos” e a apresentação de duas atividades distintas. Ao término da aula no **laboratório de informática**, cada dupla deve apresentar um gráfico  $P \times V$  contemplando as quatro transformações abordadas no *Objeto de Aprendizagem*, a saber: adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica. **Em casa**, e individualmente, a animação deverá ser explorada novamente e esta exploração deverá ser descrita através de um **relatório**, a ser enviado ao professor via e-mail. Ressalto que em todas as etapas estou disponível para tirar dúvidas, via e-mail ou em sala de aula.

Inicialmente, acesse a animação **Processos Termodinâmicos**, disponível em: [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/Processos/fis\\_Termo\\_ativ\\_Processos.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/Processos/fis_Termo_ativ_Processos.html)



*Prints da tela da Animação*

### No laboratório de informática

O *Objeto de Aprendizagem* “Processos Termodinâmicos” está salvo na pasta *Animações\_Física\_Marcos*, na área de trabalho do computador. Ao abri-la, você encontrará o arquivo *Processos Termodinâmicos.htm*. Ao abri-lo, talvez seu navegador de internet necessite de autorização para rodar a animação. Autorize, seguindo as orientações do navegador.

Leia atentamente as informações de cada quadro, interagindo com o experimento de acordo com as informações que aparecerão.

Como atividade, você deverá apresentar, no

caderno, um gráfico de Pressão *versus* Volume, contemplando as quatro transformações que são abordadas na animação. Também deverá tomar nota das variáveis no início e no final de cada processo.

### Apresentação do relatório

O relatório deverá conter necessariamente cinco itens, destacados em negrito a seguir: **capa**; **introdução**; **desenvolvimento**; **conclusão**.

Os quatro primeiros itens devem ser focados no conteúdo que trata a animação, devendo ser de própria autoria, não copiado da animação ou de outras fontes. Também é possível que o relatório seja enriquecido com imagens dos próprios aplicativos (recortes de “prints” da tela), por exemplo. Responda, neste relatório as perguntas que seguem. O que são processos termodinâmicos? Quais são as variáveis de estado? O que é o ciclo de Carnot? Este último deverá ser exemplificado por um gráfico dos processos que fazem parte do ciclo de Carnot. Esbanje de sua criatividade!

O quinto item do trabalho é um **parecer sobre a atividade proposta**, ou seja, um espaço onde você pode colocar suas impressões sobre a aula, a animação e as atividades propostas a fim de melhorá-las. Ressalto que o teor deste último item não será avaliado no trabalho, apenas deve constar este parecer no relatório.

O trabalho deverá ter capa e estar dentro das normas ABNT. Procure fazer seu trabalho em forma de relatório, evitando estruturas pergunta-resposta. Enfim, esbanje de sua criatividade.

Data de entrega do trabalho:

Via e-mail: 24/10/2013, até as 23h59min.

Endereço de e-mail:

[seduc.marcos.pradella@gmail.com](mailto:seduc.marcos.pradella@gmail.com)

**Observação:** No título do e-mail, inicie com a turma e o seu nome. Por exemplo: **1A Marcos**.

Bom Trabalho.  
Prof. Marcos

## Apêndice E – Prova: transformações termodinâmicas



COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI  
PROVA DE FÍSICA – 2º TRIMESTRE – 2º ANO  
Prof. Marcos Pradella  
Nome: \_\_\_\_\_

CONCEITO: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

**Todas as questões devem ter cálculos. As respostas devem estar a caneta, acompanhadas das respectivas unidades. Use o verso da folha para os cálculos.**

Na aula do dia 10 de outubro foi feita a demonstração do amassamento de uma lata de refrigerante pela diferença de pressão do ar no interior da lata e no meio externo. Primeiramente a lata foi aquecida em banho maria, sendo então vedada impedir a saída ou entrada de ar na lata. Vamos considerar este primeiro momento como sendo o primeiro estado termodinâmico do ar no interior da lata, que vamos tratar como um gás ideal. Nestas condições, há um volume de gás equivalente a  $V_1 = 350$  ml no interior da lata, uma pressão  $P_1 = 1$  atmosfera e uma temperatura  $T_1 = 100$  °C.

- 1) Determine:
- a temperatura  $T_1$  na escala Fahrenheit;
  - a temperatura  $T_1$  na escala Kelvin;
  - a pressão  $P_1$  em Pascais;
  - o volume  $V_1$  em litros;
  - o volume  $V_1$  em  $m^3$ .

Após a lata ser retirada do banho maria e vedada, a temperatura da lata e do ar no seu interior diminuem gradativamente, processo esse que provoca a diminuição da pressão no interior da lata. Com a diferença de pressão entre o interior e o exterior da lata, a lata tende a ser esmagada pela pressão externa. Com base neste evento, considere as duas situações que seguem.

2) A temperatura  $T_1$  diminuiu até atingir uma nova temperatura  $T_2 = 70$  °C e a lata ainda não havia sofrido deformação. Vamos considerar esta etapa como sendo o segundo estado termodinâmico do ar no interior da lata. Determine a Pressão  $P_2$  do ar no interior da lata.

3) Na sequência da demonstração, o temperatura ar no interior da lata continuou a diminuir, até atingir o equilíbrio térmico com o ambiente, a uma temperatura de 27 °C. Esta situação será tratada como o terceiro estado termodinâmico. Vamos considerar que a pressão manteve-se a mesma do segundo estado termodinâmico. Assim, determine o volume de gás no interior da lata,  $V_3$ , ou seja, determine a nova capacidade da lata, após o amassamento.

4) Determine o número de mols de ar no interior da lata utilizando as variáveis  $P_1$ ,  $V_1$  e  $T_1$ .

5) Determine o número de mols de ar no interior da lata utilizando as variáveis  $P_3$ ,  $V_3$  e  $T_3$ .

6) Você acha coerentes as respostas das questões 4 e 5? Comente sua resposta.



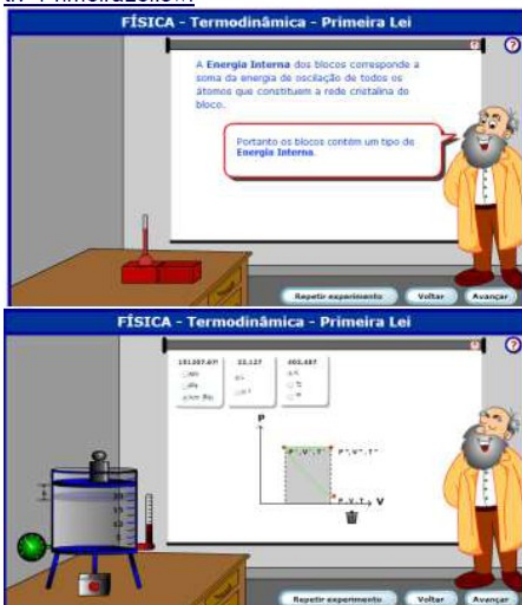
## Apêndice F – Trabalho: Primeira Lei da Termodinâmica

[PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA] PROF. MARCOS PRADELLA - FÍSICA



A proposta desta atividade é a utilização da animação “Primeira Lei da Termodinâmica” e a apresentação de um trabalho de relatório. No laboratório de informática será utilizada a animação em duplas, sendo que cada dupla deverá discutir os textos e as situações físicas nela propostas. **Em casa**, e individualmente, a animação deverá ser explorada novamente e descrita através de um **relatório**, a ser enviado ao professor via e-mail. Neste trabalho, poderão ser consultadas também outras fontes que abordem conteúdos relacionados com a Primeira Lei da Termodinâmica.

Inicialmente, acesse a animação **Processos Termodinâmicos**, disponível em: [http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/fis\\_Termo\\_a tiv\\_PrimeiraLei.swf](http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/fis_Termo_a tiv_PrimeiraLei.swf)



*Prints da tela da Animação*

### No laboratório de informática

O *Objeto de Aprendizagem* “Primeira Lei da Termodinâmica” está salvo na pasta *Animações\_Física\_Marcos*, na área de trabalho do computador. Ao abri-la, você encontrará o arquivo *Processos Termodinâmicos.htm*. Ao abri-lo, talvez seu navegador de internet necessite de autorização para rodar a animação. Autorize, seguindo as orientações do navegador.

Leia atentamente as informações de cada quadro, interagindo com o experimento de acordo com as informações que aparecerão.

### Apresentação do relatório

O relatório deverá conter necessariamente cinco itens, destacados em negrito a seguir: **capa**; **introdução**; **desenvolvimento**; **conclusão**.

Os quatro primeiros itens devem ser focados no conteúdo que trata a animação, devendo ser de própria autoria, não copiado da animação ou de outras fontes. Também é possível que o relatório seja enriquecido com imagens dos próprios aplicativos (recortes de “prints” da tela), por exemplo. Responda, neste relatório as perguntas que seguem. Qual o principal princípio da Física que a primeira lei da termodinâmica está associada? Como podemos calcular o trabalho em uma transformação termodinâmica? Como determinamos a energia interna de um gás? Esbanje de sua criatividade!

O quinto item do trabalho é um **parecer sobre a atividade proposta**, ou seja, um espaço onde você pode colocar suas impressões sobre a aula, a animação e as atividades propostas a fim de melhorá-las. Ressalto que o teor deste último item não será avaliado no trabalho, apenas deve constar este parecer no relatório.

O trabalho deverá ter capa e estar dentro das normas ABNT. Procure fazer seu trabalho em forma de relatório, evitando estruturas pergunta-resposta. Enfim, esbanje de sua criatividade.

Endereço de e-mail:

[seduc.marcos.pradella@gmail.com](mailto:seduc.marcos.pradella@gmail.com)

**Observação:** No título do e-mail, inicie com a turma e o seu nome. Por exemplo: **1A Marcos**.

Bom Trabalho.  
Prof. Marcos

## **Apêndice G – Produto Educacional**

TEXTO DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA

ABORDAGEM DE CONCEITOS DE TERMODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO POR  
MEIO DE UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS

Marcos Pradella

2014

## APRESENTAÇÃO

Este Texto de Apoio consta de um conjunto de quatro UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS (UEPS) (Moreira, 2011) para o ensino de conceitos de Termodinâmica no Ensino Médio.

Em todas há várias sugestões sobre como abordar conceitos como temperatura, dilatação, calor, energia interna, pressão e a Primeira Lei da Termodinâmica.

No entanto, tais sugestões podem ser substituídas por outras estratégias, outros exemplos, outros textos, o importante é a ideia de uma sequência didática organizada que facilita a aprendizagem de determinado conteúdo.

Estas sequências, chamadas UEPS, estão fundamentadas teoricamente em teorias de aprendizagem e procuram promover a aprendizagem significativa dos conhecimentos abordados.

## **Proposta de UEPS I: TEMPERATURA E DILATAÇÃO**

**Objetivo:** ensinar o modelo de temperatura e de expansão térmica baseado em estrutura da matéria.

**Primeiro encontro:** *Situação Inicial: introdução à Termodinâmica.*

Fazer uma *tempestade de ideias (brainstorming)* com os estudantes, a partir de uma ou mais perguntas, como por exemplo: “o que você entende sobre conceitos relacionados à palavra termodinâmica?” Sugere-se que todas as palavras ou expressões faladas pelos estudantes sejam anotadas no quadro negro. Nenhuma contribuição, mesmo que muito pouco relacionada com os temas abordados deve ser excluída da listagem neste primeiro momento. Esta valorização nas falas dos estudantes tende a proporcionar um melhor retorno dos estudantes, pois minimiza o receio em participar da atividade.

A partir das respostas dadas pelos estudantes, sugere-se a construção de um mapa conceitual (Moreira, 2012). Para isto, é importante que o professor já tenha um esquema prévio para a montagem do mapa, relacionando-o com as palavras faladas pelos estudantes e anotadas no quadro. Durante a construção do mapa, sugere-se que sejam solicitadas maiores explicações acerca das palavras e o porque elas foram ditas, buscando as associações mentais feitas pelos estudantes dentro do contexto proposto. Duração sugerida: 1 ou 2 horas-aula.

**Segundo encontro:** *Sondagem Inicial*

Como sondagem inicial desta Unidade de Ensino, os alunos, em pequenos grupos, os estudantes devem construir um diagrama “V” (Moreira, 2007), um mapa conceitual ou algum outro diagrama, a partir das ideias dos integrantes de cada grupo e a construção de um texto explicativo deste. Ou seja, os alunos fazem o diagrama e o explicam, por escrito, com suas próprias palavras. Duração sugerida: 1 ou 2 horas-aula.

### **Terceiro encontro:** *Situações-problemas iniciais*

Questões sugeridas: I – Para o que serve um termômetro? II – Como um termômetro pode ajudar a compreender como é a estrutura da matéria? III – O que você entende por temperatura? Estas perguntas devem ser discutidas em pequenos grupos, sob a orientação do professor. Algumas palavras-chave de respostas verbais podem ser anotadas no quadro negro. Os estudantes podem ser desafiados a redigirem suas respostas no caderno, pois não há uma única resposta correta para estes questionamentos. A partir das discussões que seguirem e da introdução de novos conceitos, os estudantes podem refletir sobre a validade destas respostas. Neste momento o professor pode fazer uma explanação sobre como funcionam diferentes termômetros e sugerir aos estudantes a leitura extraclasse da seção *Conhecendo um pouco mais* (Gaspar, 2011, p. 302 a 308). No texto sugerido, é abordada a história dos termômetros e das escalas termométricas, relações entre as escalas e tipos de termômetros. Propor aos alunos a resolução de exercícios pertinentes ao assunto abordado no encontro. Duração sugerida: 1 hora-aula.

### **Quarto encontro:** *Aula teórico-expositiva*

Em uma aula teórico-expositiva podem ser discutidos os seguintes tópicos: 1. Temperatura e modelos de estrutura da matéria – como a medida macroscópica pode dar credibilidade ao modelo microscópico. 2. A temperatura e a energia interna de um corpo. 3. Escalas termométricas e suas construções. Nestes tópicos, pode ser dada ênfase aos modelos de estrutura da matéria para exemplificar a relação entre variáveis mensuráveis e modelos teóricos (neste caso, a temperatura e sua relação com a energia de agitação de átomos e moléculas). Duração sugerida: 2 horas-aula.

### **Quinto encontro:** *Nova situação-problema.*

A aula pode ser iniciada com uma revisão das escalas de medida de temperatura abordadas no encontro anterior – Escalas Celsius e Fahrenheit – e a relação entre estas. A seguir, podem ser propostas as seguintes questões: I – Como comparar duas temperaturas, a máxima e a mínima atmosféricas? II – É correto

dizer que a temperatura de 10°C é a metade que a temperatura de 20°C? III – Como podemos comparar as temperaturas máxima e mínima de uma cidade, sendo um valor positivo e outro negativo? Esta comparação entre temperaturas pode ser útil quando se pretende inferir como se comportam outras variáveis, como pressão e volume, o que pode ajudar na previsão do comportamento de um sistema meteorológico. Pode ser discutida a hipótese de haver a possibilidade de previsão até para um sistema com muitas variáveis, como a atmosfera. Propor aos alunos a resolução de exercícios pertinentes ao assunto abordado no encontro. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Sexto encontro:** *Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade*

Questões sugeridas: I – Como a mudança na temperatura de um corpo modifica suas dimensões? II – Como podemos descrever matematicamente a mudança nas dimensões de um objeto? III – Quais as mudanças nas dimensões são significativas? Para a discussão destas questões, os estudantes podem ser instigados com a observação de algumas estruturas da sala de aula, como por exemplo:

- dimensões do vidro da janela da sala (medido com uma trena, trazida pelo professor), com espessura estimada em 0,3 cm;
- a armação metálica desta janela, formada a partir de barras com perfil “L”, soldadas em forma de retângulo, com largura do perfil de 1 cm e espessura de 0,1 cm;
- uma barra de madeira, utilizada como moldura de um mural de exposição de trabalhos ou de um quadro.

Os valores das dimensões de cada objeto medido podem ser escritos no quadro e o professor propõe duas perguntas, instigando os estudantes: I – Quais medidas variam frente à variação da temperatura? II – Quais medidas variam de forma significativa frente à variação da temperatura? A partir das respostas das perguntas, pode-se fazer uma explanação sobre o modelo de expansão térmica volumétrica de sólidos e líquidos, seus limites de validade e suas aproximações, para duas dimensões (expansão térmica superficial) e para uma dimensão

(expansão térmica linear). Durante a explanação, pode-se discutir o que é um modelo para a Ciência (Brandão, Araujo & Veit, 2010), qual seu limite de validade e quais suas aproximações são feitas, tomando como exemplo o modelo discutido. Sugestões de temas para discussões adicionais: juntas de dilatação, e choque térmico e solda a frio. Propor aos alunos a resolução de exercícios pertinentes ao assunto abordado no encontro. Duração sugerida: 2 horas-aula.

**Sétimo encontro:** *Reconciliação integradora*

Retomada de conteúdo sobre a temperatura, sua variação e as consequências em um corpo, com ênfase na estrutura da matéria, bem como a definição de temperatura enquanto energia cinética média das moléculas. Assim, a temperatura está diretamente associada à agitação molecular. Como o volume ocupado por cada molécula depende, além do tamanho desta, da sua vibração um aumento na temperatura pode resultar em um aumento nas suas dimensões. Destacar o papel da ligação entre os átomos e também discutir a dilatação anômala da água. O modelo de dilatação térmica e as aproximações deste, sob uma perspectiva integradora. Corrigir os exercícios propostos durante a UEPS, de acordo com as dúvidas dos estudantes. Duração sugerida: 2 a 4 horas-aula.

**Oitavo encontro:** *Avaliação final.*

Avaliação individual, sem consulta. Sugere-se a realização de uma avaliação com questões do conteúdo abordado na UEPS, sendo parcialmente voltadas aos mapas conceituais. Uma sugestão pode ser encontrada no Apêndice desta Unidade de Ensino. Duração sugerida: 2 horas-aula.

**Nono encontro:** *Reconciliação integradora*

Devolução das avaliações e correção destas com o grupo. Levantamento das questões que mais suscitaram dúvidas e propostas de resposta por parte do grupo. É importante ressaltar que esta retomada seja feita logo após a realização das provas para que seja uma sequência que facilite a aprendizagem. Duração sugerida: 1 ou 2 horas-aula.

**Total de horas-aula:** *de 13 a 18 horas-aula.*

**Referências:**

BRANDÃO, R. V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. **Introdução à modelagem científica.** Textos de Apoio ao Professor de Física, 2010, v. 21. n. 6.

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio / Alberto Gaspar. V. 2. Ondas, óptica, termodinâmica.** São Paulo : Ática, 2010

MOREIRA, M. A **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS.** Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/UEPSport.pdf>. Acesso em 07/10/2014.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais.** Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 6.

MOREIRA, M. A. **MAPAS CONCEITUAIS E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.** 2012 Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>. Acesso em 07/10/2014

MOREIRA, M. A. **DIAGRAMAS V E APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.** 2007 Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/DIAGRAMASpor.pdf> . Acesso em 07/10/2014

MÜLLER, A. D. E.; MOREIRA, M. A. **Uso de mapas esquemas conceituais em sala de aula.** Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 4.



## Apêndice – Prova: escalas termométricas e dilatação



COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI

FÍSICA – 1º TRIMESTRE – 2º ANO

Prof. Marcos Pradella

Nome: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

Todas as respostas devem estar a caneta, acompanhadas das respectivas unidades e cálculos quando necessário. Use o verso da folha para os cálculos.

No dia 18 de maio houve, no Colégio Piratini a realização da Gincana da Solidariedade. As atividades da fria manhã de sábado iniciaram com uma caminhada do Parcão até o Colégio. A temperatura registrada às 8 da manhã em um termômetro nas proximidades do Parcão era de 10°C. Ao meio-dia, o mesmo termômetro marcava a temperatura de 18°C. Com base nos dados, responda as questões 1 a 4.

1. Se o termômetro estivesse graduado na escala Fahrenheit, quais as temperaturas que ele marcaria às 8h e ao meio dia do sábado?

2. Se o termômetro estivesse graduado na escala Kelvin, quais as temperaturas que ele marcaria às 8h e ao meio dia do sábado?

3. Qual a o aumento percentual da temperatura no período indicado no enunciado (utilize a escala absoluta e determine o aumento percentual em relação à temperatura mínima).

4. É sabido que o termômetro informa a sua própria temperatura que, supostamente, é a mesma das proximidades de onde ele se encontra. Mas afinal, o que é temperatura, ou ainda, que medida é esta? (responda no verso)

5. Um estudante de medicina fazendo estágio, observa que um paciente apresenta-se febril, com a temperatura de 39°C. Se ele utilizasse um termômetro graduado na escala Fahrenheit, encontraria o valor:

(A) 104 °F (B) 82 °F (C) 102 °F (D) 84 °F (E) 40 °F  
(G) 37,7°F (H) 100°F (I) 39°F

6. O comprimento de uma haste de alumínio é de 150 cm a 0 °C. Sendo o coeficiente de dilatação linear do alumínio  $\alpha=0,0000240C^{-1}$ , a variação do comprimento da haste quando sua temperatura aumentar para 25 °C será:

(A) 0,019 cm (B) 0,01 cm (C) 0,09 cm (D) 0,019 m  
(E) 0,05 cm (F) 0,09 mm (G) 0,019mm

7. Considere uma porta de ferro com um postigo (pequena janela que permite visualizar o movimento do outro lado). A uma temperatura desconhecida o vidro retangular desta pequena janela ajusta-se exatamente na estrutura externa de ferro que o mantém preso. Se apenas a porta e a estrutura externa da janela for aquecida verifica-se que:

(A) o vidro poderá se soltar da janela.  
(B) o vidro poderá se trincar, pois ficará comprimido pela janela e pela porta  
(C) o vidro permanece ajustado exatamente.  
(D) tanto A como B poderão ocorrer.  
(E) nada do que foi dito ocorre.

8. Explique a sua resposta na questão anterior. (responda no verso)

9. (FGV-SP) O dono de um posto de gasolina recebeu 40.000 litros de combustível por volta das 12 horas, quando a temperatura era de 35°C. Ao cair da tarde, uma massa de ar polar vindo do sul baixou a temperatura para 15°C que permaneceu inalterada até que todos os 40.000 litros de gasolina resfriassem e então, fossem vendidos. Qual foi o prejuízo, em litros de combustível, que o dono do posto sofreu? (Dados: coeficiente de dilatação do combustível é  $1,0 \times 10^{-3} / ^\circ C$ )

(A) 1400. (B) 800. (C) 600. (D) 80. (E) 160.

10. Faça no verso da folha um pequeno mapa conceitual sobre dilatação e explique através de em um texto. Dica do professor: esta questão pode fazer a diferença na avaliação! ;)

Boa Prova.

Marcos

## **Proposta de UEPS II: CALOR E ENERGIA INTERNA**

**Objetivo:** ensinar os conceitos de calor e energia interna a partir de uma construção histórica da Ciência.

**Primeiro encontro:** *Situação Inicial: introdução à Termodinâmica.*

Perguntas para serem discutidas com os estudantes: I – Como podemos alterar a temperatura de um corpo? II – O que ocorre quando a temperatura de um corpo varia? Após a discussão destas, o professor pode complementar com uma retomada de conceitos como temperatura, “frio” (fonte fria) e “quente” (fonte quente): as relações e as diferenças entre conceitos do cotidiano e da Termodinâmica. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Segundo encontro:** *Sondagem Inicial.*

Construção de um mapa conceitual envolvendo os significados atribuídos à palavra calor, em especial o significado do termo no senso comum. Esta construção pode ser feita em pequenos grupos, iniciando com o compartilhamento de significados para o tema proposto e após, a construção de um mapa e de um texto explicativo. Duração sugerida: 2 horas-aula.

**Terceiro encontro** *Situação-problema inicial: a construção histórica do conceito de “calor”.*

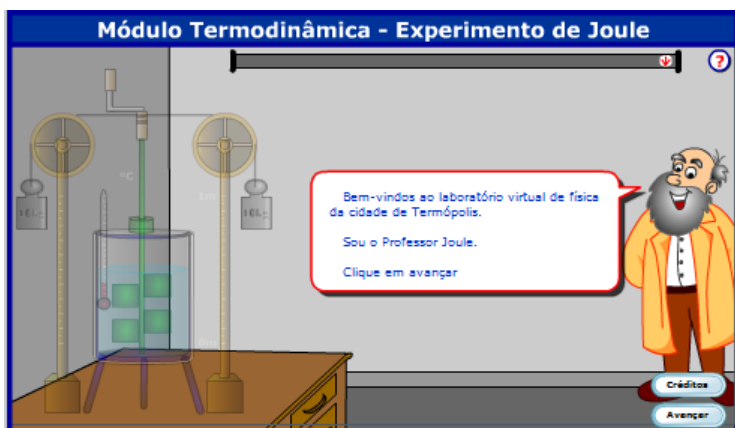
O terceiro encontro pode ser iniciado em sala de aula, onde o professor pode explicar para o grupo uma atividade proposta para o laboratório de informática. Perguntas a serem discutidas: I – A visão da Ciência pode mudar com o passar do tempo? II – O conceito de calor atualmente aceito pode ser considerado definitivo?

No laboratório de informática: a proposta da atividade é a utilização da animação “Experimento de Joule”<sup>1</sup> e, ao término desta atividade, cada dupla deverá entregar, por escrito, a resposta das perguntas feitas na apresentação do Objeto de

---

<sup>1</sup> Disponível em [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/ExperimentoJoule/fis\\_Termo\\_ativ\\_ExperimentoJoule.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/ExperimentoJoule/fis_Termo_ativ_ExperimentoJoule.html) e [http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/fis1\\_ativ2\\_experimentoJoule.swf](http://www.lief.if.ufrgs.br/~marq/fis1_ativ2_experimentoJoule.swf) (acessos em 24/08/2014)

Aprendizagem. Inicialmente, acessar a animação Experimento de Joule. É possível que na primeira vez que o link seja acessado o conteúdo não seja apresentado de forma correta. Neste caso, tentar novamente, atualizando a página, pressionando a tecla F5. Abaixo segue uma imagem da animação.



Print da tela da Animação

Esta animação é interativa e os estudantes podem navegar através dos botões “Avançar” e “Voltar”, e obter explicações do objeto de aprendizagem através do botão “?”.

Em casa, e individualmente, a animação deverá ser explorada novamente e esta exploração deverá ser descrita através de um relatório, a ser enviado ao professor. A seguir, algumas sugestões para o relatório.

O relatório deverá conter necessariamente cinco itens, destacados em negrito a seguir: **capa; introdução; desenvolvimento; conclusão e parecer.**

Os quatro primeiros itens devem ser focados no conteúdo de que trata a animação, devendo ser de própria autoria, não copiado da animação ou de outras fontes. Também é possível que o relatório seja enriquecido com imagens dos próprios aplicativos (recortes de “prints” da tela), por exemplo. Responder neste relatório às perguntas que seguem: “A visão da Ciência pode mudar com o passar do tempo?” “O conceito de calor atualmente aceito pode ser considerado definitivo?” “Como Joule chegou ao equivalente mecânico entre o calor e a energia mecânica?”

O quinto item do trabalho é um **parecer** sobre a atividade proposta, ou seja, um espaço onde o aluno pode colocar suas impressões sobre as dinâmicas utilizadas em aula, a animação e as atividades propostas a fim de melhorá-las.

Ressalta-se que o teor deste último item pode servir para o professor fazer a análise da aceitação da UEPS e estabelece um canal de diálogo com os estudantes o qual pode mostrar-se muito eficiente na interação professor-aluno. Neste parecer cada aluno pode expressar suas dificuldades, tecer críticas, sugestões, enfim, avaliar as ferramentas e métodos utilizados até o momento no desenvolvimento dos conteúdos. Em relação à análise destes pareceres cabe destacar que Bakhtin (1995) coloca que os discursos nunca são neutros, pelo contrário, estão ligados às estruturas sociais e revela valores sociais de dominação e poder. Assim, o autor desta sugestão acredita que a análise dos pareceres deve ser criteriosa, sendo necessário um longo caminho de trocas diárias com os alunos para que estes percebam que não somente o trabalho do professor está sendo analisado, como também todo o processo de aprendizagem.

Este parecer será uma ferramenta de avaliação da receptividade da UEPS, das ferramentas, métodos e estratégias utilizadas, bem como a atuação do professor.

Para esta atividade é necessário que os computadores disponham do plugin *Flash Player*. Recomenda-se um teste prévio da animação em cada computador. Duração sugerida: 2 a 4 horas-aula.

**Quarto encontro:** *Nova situação problema: processos de transmissão de energia.*

Perguntas a serem discutidas: I – Tendo em vista a definição de Calor como energia em trânsito em função da diferença de temperatura, em que situações do dia-a-dia podemos perceber esta troca de energia? II – Pode haver troca de calor entre dois sistemas à mesma temperatura?

Após a discussão das perguntas com os estudantes, o professor pode fazer uma síntese sobre calor, o fluxo de energia térmica e seus processos: condução, convecção e radiação. No texto, podem ser explorados os assuntos e posteriormente explicados, através de uma explanação dialogada com os estudantes. Alguns itens que podem ser destacados:

- o processo de condução pode ocorrer entre partes de um mesmo corpo ou corpos em contato, mas se dá de molécula para molécula, a partir de troca de energia entre estas, em virtude da agitação térmica. Os “corpos” podem estar em diferentes estados de agregação da matéria;
- o processo de convecção depende da presença de um campo gravitacional. Na superfície da Terra, os líquidos ficam sujeitos à força gravitacional, que os molda de acordo com o recipiente em que estão contidos. No interior do líquido, cada região fica sujeita à forças de empuxo, além da força gravitacional. Assim, pode haver um equilíbrio dinâmico. Entretanto, com o aquecimento de uma região, há expansão e, com isto, diminuição da densidade e um aumento na força de empuxo e, assim, podem formar-se correntes de convecção. Também deve ser ressaltada a dilatação anômala da água e sua consequência. De forma análoga, podem ser explicadas as correntes de convecção na atmosfera. Neste processo, pode-se abordar as brisas marítimas, a circulação de ar em uma geladeira e nas posições ideais de lareiras, aquecedores e aparelhos de ar-condicionado.

A explicação do processo de radiação pode ser feito a partir do espectro eletromagnético, enfatizando-se a natureza das ondas eletromagnéticas. Pode ser enfatizado o fato de que todos os corpos emitem ondas eletromagnéticas, sendo que o pico de emissão depende de sua temperatura absoluta (radiação de corpo negro). Assim, mesmo que não haja troca efetiva de calor entre dois corpos, ou entre um corpo e o ambiente, estes trocam energia através da radiação. É interessante trazer a questão das trocas de energia entre o Sol, a Terra e o espaço e o papel importante da atmosfera no controle desta troca, a partir do efeito estufa. Duração sugerida: 2 a 3 horas-aula.

#### **Quinto encontro: *Reconciliação integradora***

No início deste encontro pode ser retomada a explicação dos processos de condução e convecção. A aula deve ser uma exposição dialogada, com perguntas e respostas que conduzam e complementem a discussão.

O professor pode realizar a demonstração dos processos de condução e convecção utilizando uma vela, uma barra com pequenas peças de metal presos com parafina e uma pequena hélice suspensa em um suporte de pouco atrito.

Previamente três peças de metal são fixadas na extremidade da barra com parafina, distantes uns dois centímetros umas das outras. Então, a barra é segurada por uma das extremidades, enquanto a outra, onde estão os pedaços de metal é aproximada da vela acesa. Pode-se observar que, na medida em que a barra se aquece, a parafina é derretida e as peças soltam-se da barra. O processo de convecção pode ser mostrado pela fumaça proveniente da chama da vela ou pelo movimento de uma hélice, quando colocada sobre a vela acesa. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Sexto encontro:** *Nova situação-problema, em grau mais alto de complexidade.*

Nova situação-problema: discussão das seguintes perguntas: I – Quais as consequências decorrentes do acréscimo de energia em um corpo? II – Quais as consequências decorrentes da retirada de energia térmica de um corpo? III – Considerando que calor é energia em trânsito, como podemos determinar esta quantidade de energia?

Conceitos que o professor pode explorar: a quantidade de calor “Q” como *estímulo* dado a um sistema hipotético, como determinada massa de água em uma chaleira e a variação da temperatura, representada por “ $\Delta T$ ” como *resposta* do sistema. Assim, pode ser construída a relação que a quantidade de energia recebida seria proporcional à massa e à variação da temperatura e, assim, se introduz a constante de proporcionalidade: o calor específico, “c”, que depende da substância e no estado de suas moléculas. Assim, pode ser construída a relação:  $Q = m c \Delta T$ .

Outra questão é a mudança do estado de agregação das moléculas, falando-se em energia de ligação. Neste caso, o estímulo “Q” possui outra resposta: a energia recebida é integralmente destinada para a quebra das ligações químicas que definem o estado, ou seja, um sólido passará para o estado líquido ao receber energia e um líquido passará para o estado de vapor. Neste caso, podemos relacionar a quantidade de energia com a massa e com outra constante, chamada

de calor latente e representada pela letra “L”, ou ainda,  $L_F$  e  $L_V$ , respectivamente o calor latente de fusão e de vaporização. Assim, temos  $Q = M L$ .

**Sétimo encontro:** *Reconciliação integradora*

A aula sugerida é uma exposição dialogada com uma revisão sobre calor, temperatura e quantidade de calor. Deve-se enfatizar que, se retirarmos energia de um sistema, esta quantidade será considerada negativa. Assim, podemos ter uma diminuição da temperatura. Também pode ser falado sobre o condensado de Bose-Einstein e plasma e sobre a diferença fundamental entre ebulição (passagem do estado líquido para o estado de vapor em qualquer ponto no interior do líquido) e evaporação (desprendimento de moléculas da superfície de sólidos e líquidos e que pode ocorrer a qualquer temperatura). Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Oitavo encontro:** *Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade*

Para este encontro, sugere-se uma demonstração, onde são necessários os seguintes materiais:

- um balde de isopor com gelo;
- termômetros;
- uma jarra elétrica (ou similar, que permita aquecimento);
- cronômetro;
- um becker (ou similar, que permita medida de volume ou massa).

Os termômetros ficam dispostos dentro do balde de gelo, sendo que a temperatura indicada pode ser verificada pelos estudantes. Pode-se estimular os estudantes a perceberem o fato de que o gelo e a água no balde estarão a zero grau, mesmo após muito tempo (alguns alunos devem voltar a verificar no final do período).

A seguir, separa-se uma quantidade de gelo (cerca de 300 gramas) a ser colocado no interior da jarra. Coloca-se um termômetro na jarra e esta é ligada, juntamente com o cronômetro. Pode-se solicitar que um estudante faça a leitura do termômetro durante a demonstração. Durante o início desta demonstração, pode-se

discutir o equilíbrio térmico, um processo lento e a situação que está ocorrendo no interior da jarra, com um gradiente de temperatura bastante significativo entre a resistência elétrica da jarra, a água no seu entorno e a água no entorno dos cubos de gelo derretendo. A água deve ser agitada lentamente, para manter uma temperatura homogênea, (diferente de zero grau). As leituras de temperatura ficam em torno de 20°C. Assim, pode-se comparar a situação idealizada, com o gelo derretendo a 0°C e esta situação, sem que haja equilíbrio térmico. Antes que o gelo termine seu derretimento, a jarra pode ser desligada e o cronômetro parado.

Então, a temperatura, inicialmente em torno de 20°C diminui, tendo em vista o derretimento do restante de gelo no interior da água. Finalmente, todo o gelo derrete, restando apenas água. Neste momento, o volume de água pode ser medido.

A seguir, recoloca-se a água na jarra e esta é ligada novamente, juntamente com o cronômetro. A leitura no termômetro pode ser monitorada, até que água entre em processo de ebulição, sendo que a temperatura indicada pelo termômetro será de aproximadamente 100°C. O cronômetro deve ser parado e a jarra foi desligada.

Na sequência, o professor faz no quadro o cálculo da quantidade de calor envolvida em cada processo, bem como a potência média fornecida em cada etapa. Para a obtenção da massa de água, pode ser considerados seu volume e sua densidade.

Como os valores podem ser ligeiramente diferentes em cada etapa, recomenda-se que sejam discutidas as aproximações feitas como, por exemplo, a consideração que na primeira etapa parte da quantidade de calor dissipada pela resistência foi utilizada para o aquecimento da água resultante do processo de derretimento, embora seja calculada apenas a energia necessária para o derretimento do gelo. Também podem ser discutidas as descondições de quaisquer perdas de energia ou a quantidade de água evaporada no processo.

Finalmente, pode ser feita a estimativa de quanto tempo seria necessário para que toda a amostra de água passasse para o estado de vapor, tomando como base uma potência média dissipada pela resistência da jarra.



Como atividade experimental extraclasse, cada aluno deve reproduzir a demonstração feita em aula. A atividade não objetiva a exatidão dos valores, pois há grande perda de energia para o ambiente quando a amostra de gelo é derretida ou a água é aquecida. O objetivo principal consiste na percepção, por parte dos alunos, que a temperatura não varia muito durante a mudança do estado sólido para o líquido nesta situação real, e que, em uma situação ideal, a temperatura permanece constante durante a mudança de estado. Além disso, é importante a familiarização da ordem de grandeza da quantidade de calor (em joules e em calorias) e da potência (em watts ou em calorias por minuto). Esta atividade deve ser descrita em um relatório, a ser avaliado pelo professor. Duração sugerida: 2 a 3 horas-aula.

**Nono encontro:** *Reconciliação integradora*

Resolução de exemplos quantidade de calor e equilíbrio térmico. Sugestão: propor no quadro uma situação-problema que consiste na elaboração de um suco sendo preparado em uma jarra (tratada como um calorímetro), com dois litros água à 25°C e 400 gramas de gelo a -5°C. Calcular e discutir todas as trocas de calor envolvidas neste processo. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Décimo encontro:** *Nova situação problema, em grau mais alto de complexidade.*

Neste encontro, o professor deve levantar a seguinte pergunta: Calor é energia em trânsito. Se um corpo não possui calor, o que ele possui? Além desta questão, podem ser feitos outros questionamentos como: “Calor é o nome dado à energia que é trocada entre dois corpos, ou ainda, entre um corpo e o ambiente, ou seja, não pertence a nenhum corpo. Assim, qual seria o termo mais apropriado, ou ainda, mais lógico para designar esta energia quando ela é absorvida por um corpo?” A partir da discussão, pode-se explicar sobre a estrutura da matéria e a Energia Interna em sólidos, líquidos e gases, sendo colocados no quadro um pequeno resumo e as equações correspondentes a sólidos e gases ideais. Duração sugerida: 1 hora-aula.

### **Décimo-primeiro encontro** *Reconciliação integradora e avaliação final*

A reconciliação integradora dar-se-á através de uma exposição dialogada acerca do calor e suas relações com as demais variáveis termodinâmicas em sólidos, líquidos e gases, discussão e construção de um mapa conceitual sobre calor. Os alunos devem organizar-se em grupos de até cinco integrantes e, a partir do compartilhamento de significados, desenvolvem um mapa conceitual, sob a orientação do professor. Juntamente com o mapa, pode ser solicitada a entrega de um texto explicativo ou propor para os estudantes a apresentação destes mapas para os colegas. Esta atividade é a avaliação final da UEPS e da aprendizagem que os estudantes obtiveram a partir das estratégias desenvolvidas. Duração sugerida: 3 horas-aula.

**Total de horas-aula:** *de 18 a 22 horas-aula.*

#### **Bibliografia:**

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 7.ed. São Paulo: Hucitec, 1995

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio / Alberto Gaspar. V. 2. Ondas, óptica, termodinâmica**. São Paulo : Ática, 2010

MOREIRA, M. A **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS**. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/UEPSport.pdf>. (acesso em 07/10/2014).

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 6.

MÜLLER, A. D. E.; MOREIRA, M. A. **Uso de mapas esquemas conceituais em sala de aula**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 4.

PETER, E. A. MORS, P. M. **Uma visão histórica da Filosofia da Ciência com ênfase na Física**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2009, v. 20. n. 1.

REKOWSKY, L. **Física na cozinha**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2012, v. 23. n. 5.

## **Proposta de UEPS III: PRESSÃO E COMPORTAMENTO DOS GASES**

**Objetivo:** ensinar os conceitos de pressão e o comportamento dos gases, bem como as transformações termodinâmicas.

### **Primeiro encontro:** *Situação Inicial e sondagem inicial*

Sugere-se que este primeiro encontro seja iniciado com uma revisão dos conceitos abordados nas UEPS sobre Temperatura e Dilatação e sobre Calor e Energia Interna, realizada através de uma explanação do professor e contribuição dos estudantes, através de uma tempestade de ideias. Na sequência, o professor inicia uma exposição dialogada, abordando as seguintes questões: I – Como podemos definir o volume ocupado por um gás? II – Quais variáveis são necessárias para o estudo dos gases? Como sugestão, um pequeno texto pode ser passado para os estudantes, abordando a necessidade da análise de mais uma variável: pressão. Abordar as definições de pressão como força por unidade de área e o modelo cinético dos gases, no qual a pressão de gases decorre de colisões das moléculas com as paredes do recipiente que o mantém confinado. A pressão atmosférica também pode ser abordada na explanação, bem como sua dependência com a altitude. Como atividade extraclasse, os alunos devem desenvolver um mapa conceitual que inclua os conceitos abordados nas UEPS acima citadas e as relações destes com a pressão. O mapa deve ser explicado através de um texto e entregue no próximo encontro. Este mapa conceitual é a sondagem inicial desta UEPS. Duração sugerida: 2 horas-aula.

### **Segundo encontro:** *Situação-problema inicial.*

Demonstração, utilizando materiais simples, geralmente disponíveis no laboratório da escola: uma seringa de plástico grande, com capacidade de 60 ml, sendo que seu bico deve ser fechado hermeticamente com uma tampa; um suporte para esta seringa; uma régua e dois livros. A demonstração consiste na seringa como exemplo de reservatório de gás, sendo que primeiramente sua área de seção transversal é determinada, medindo-se o diâmetro do cilindro com a régua e

calculando, no quadro-negro, a área da seção transversal. Como exemplo, será tomado o valor do diâmetro como sendo  $\varnothing = 2,1\text{cm}$  e  $A \approx 3,5\text{cm}^2$ . O valor da área também pode ser escrito em notação científica para a unidade de área do S.I. ( $\text{m}^2$ ). A massa dos livros pode estimada em 0,5 kg. Assim, ao serem colocados sobre o êmbolo da seringa, exercem uma força de aproximadamente 5N cada. Desta forma, o aumento de pressão no ar confinado na seringa é da ordem de 14kPa para cada livro colocado sobre o êmbolo da seringa. Com este aumento da pressão, que inicialmente era de aproximadamente 100kPa (1atm), podem ser discutidas as alterações no volume do ar no interior da seringa, bem como a alteração na temperatura do ar. Ao serem removidos os livros, o volume do gás aumenta, entretanto não atinge o valor inicial, em função da força atrito entre a borracha de vedação do êmbolo e a parede interna do cilindro. Estas particularidades também podem ser discutidas com os estudantes. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Terceiro encontro:** *Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade.*

Perguntas para serem discutidas: I – Como podemos descrever o comportamento dos gases? II – Quais as relações entre pressão, volume, e temperatura de um gás? III – Por que um meteorito fica incandescente ao mergulhar na atmosfera terrestre? As perguntas devem ser discutidas entre os integrantes do grupo e mediadas pelo professor. Em especial, a terceira pode ser explicada com base na resposta a esta mesma pergunta e que pode ser lida no site do CREF<sup>2</sup>:

“O AQUECIMENTO PRINCIPAL do METEORO NÃO deve ser atribuído ao ATRITO, pois ATRITO são forças LATERAIS; tecnicamente de CISALHAMENTO, como aquelas que surgem entre as LÂMINAS de uma TESOURA.

A MAIOR PARTE do AQUECIMENTO de um METEORO ao entrar na ATMOSFERA provém realmente da COMPRESSÃO ADIABÁTICA do GÁS DIATÔMICO à sua frente presente na ONDA DE CHOQUE.

Após a discussão, sugere-se uma explanação sobre o estado de um gás, as variáveis de estado de um gás (pressão, volume, temperatura e número de moléculas ou mols), as transformações termodinâmicas e a Lei Geral dos Gases

---

<sup>2</sup> Disponível em <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=390> (acesso em 24/08/2014)

Perfeitos. Também se recomenda que o professor dê ênfase à análise dimensional da constante R, tanto nas unidades do SI (J/mol.K), como nas unidades relativas à pressão (atm.l/mol.k) e (Pa.m<sup>3</sup>/mol.k). Duração sugerida: 2 horas-aula.

**Quarto encontro:** *Nova situação-problema.*

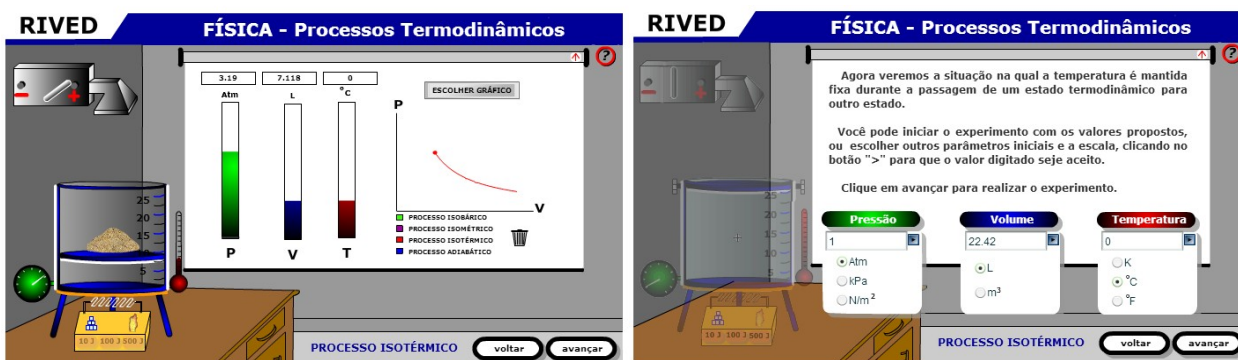
Neste encontro, a sugestão é que seja feita uma análise acerca de alguns tipos de transformações. Algumas questões que podem ser propostas para discussão: I – Quantas variáveis termodinâmicas podem permanecer inalteradas quando um gás passa de um estado termodinâmico para outro estado termodinâmico? II – O que ocorre com as outras variáveis? Como complemento das discussões desenvolvidas juntamente com os alunos, pode-se discutir, a Lei de Charles e Gay-Lussac, a Lei de Boyle-Marriote e outras transformações termodinâmicas, envolvendo mais que duas variáveis de estado. Pode-se também abordar a transformação adiabática e sua influência no aquecimento de um objeto que mergulha na atmosfera terrestre. Na sequência da aula, pode ser feita uma reconciliação integradora através de uma explanação: os casos particulares da lei geral e a escala absoluta; como a escala absoluta foi proposta e como as leis particulares auxiliaram na elaboração da Lei Geral dos Gases. Podem ser feitos esboços de gráficos das transformações no quadro, representando as transformações isométricas (gráfico T *versus* P) e isobáricas (gráfico T *versus* V). Pode-se destacar a tentativa de estabelecer um valor mínimo para a temperatura, extrapolando a reta obtida no gráfico P *versus* T na transformação isométrica, hipótese sugerida pelo físico Francês Guillaume Amontons em 1703 (Gaspar, 2010, p. 329). Como T e P são diretamente proporcionais, a tendência é que a pressão atinja o valor nulo a uma determinada temperatura, o que levou Amontons a propor a existência de um valor nulo para a temperatura. A não aceitação dessa hipótese é um assunto a ser discutido, ressaltando a história da Ciência neste e em outros episódios relativos ao estabelecimento de uma escala absoluta, discutindo-se também a hipótese de Kelvin, sugerida em 1848, quase um século e meio mais tarde da hipótese de Amontons. Esta última pode ser abordada de forma introdutória para o conteúdo de transformações e ciclos termodinâmicos, uma vez que Kelvin propôs

a existência de um valor absoluto para a temperatura baseado no ciclo de Carnot, conteúdo este a ser estudado juntamente com a animação proposta para o próximo encontro. Propor aos alunos a resolução de exercícios pertinentes ao assunto abordado no encontro. Duração sugerida: 2 a 3 horas-aula.

### Quinto encontro *Nova situação problema: transformações termodinâmicas*

A atividade proposta para o sexto encontro é um aprofundamento dos conceitos de sistemas e estados termodinâmicos e as transformações sofridas pelos gases. Esta atividade envolve a animação *Processos Termodinâmicos*, disponível online<sup>3</sup>. No laboratório de informática, os estudantes devem ser orientados para que durante a interação com a animação seja feita a leitura de todas as informações apresentadas e a construção dos gráficos das transformações termodinâmicas. Ao final da atividade, os estudantes devem apresentar um gráfico de um ciclo termodinâmico fechado, envolvendo curvas das quatro transformações da animação: isotérmica, isobárica, isométrica e adiabática.

É possível que na primeira vez que o link seja acessado o conteúdo não seja apresentado de forma correta. Neste caso, tentar novamente, atualizando a página, pressionando a tecla F5. Abaixo seguem imagens da animação.



### Prints da tela da Animação

Esta animação é interativa e os estudantes podem navegar através dela, usando os botões “Avançar” e “Voltar”, e obter explicações do objeto de aprendizagem através do botão “?”.

<sup>3</sup> Disponível em [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/Processos/fis\\_Termo\\_ativ\\_Processos.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/Processos/fis_Termo_ativ_Processos.html) (acesso em 24/08/2014)

Finalmente, e como tarefa extraclasse, os estudantes devem acessar novamente a ferramenta trabalhada em aula. A partir desta nova interação, individualmente, cada aluno deve desenvolver um relatório, de acordo com as orientações que seguem.

O relatório deverá conter necessariamente cinco itens, destacados em negrito a seguir: **capa; introdução; desenvolvimento; conclusão e parecer.**

Os quatro primeiros itens devem ser focados no conteúdo de que trata a animação, devendo ser de própria autoria, não copiado da animação ou de outras fontes. Também é possível que o relatório seja enriquecido com imagens e gráficos da animação (recortes de “prints” da tela), por exemplo. As respostas às questões que seguem devem ser contempladas no trabalho I – O que são processos termodinâmicos? II – Quais são as variáveis de estado? III – O que é o ciclo de Carnot?

O quinto item do trabalho é um **parecer** sobre a atividade proposta, ou seja, um espaço onde o aluno pode colocar suas impressões sobre as dinâmicas utilizadas aula, a animação e as atividades propostas a fim de melhorá-las.

Ressalta-se que o teor deste último item deve ser um instrumento de análise da aceitação da UEPS e estabelece um canal de diálogo com os estudantes o qual pode mostrar-se muito eficiente na interação professor-aluno. Neste parecer cada aluno pode expressar suas dificuldades, tecer críticas, sugestões, enfim, avaliar as ferramentas e métodos utilizados até o momento no desenvolvimento dos conteúdos. Em relação à análise destes pareceres cabe destacar que Bakhtin (1995) coloca que os discursos nunca são neutros, pelo contrário, estão ligados às estruturas sociais e revela valores sociais de dominação e poder. Assim, o autor desta sugestão acredita que a análise dos pareceres deve ser criteriosa, sendo necessário um longo caminho de trocas diárias com os alunos para que estes percebam que não somente o trabalho do professor está sendo analisado, como também todo o processo de aprendizagem. O parecer será uma ferramenta de avaliação da receptividade da UEPS, das ferramentas, métodos e estratégias utilizadas, bem como a atuação do professor.

Para esta atividade é necessário que os computadores disponham do *plugin Flash Player*. Recomenda-se um teste prévio da animação em cada computador. Duração sugerida: 2 a 3 horas-aula.

**Sexto encontro:** *Nova situação-problema, em grau mais alto de complexidade.*

A nova situação problema é baseada em uma demonstração, realizada em sala de aula com materiais simples: uma jarra elétrica com água e uma lata de alumínio (de refrigerante) vazia. Com isto, pode-se fazer o cálculo das variáveis termodinâmicas envolvidas: P, V, T e n. A lata de refrigerante vazia é colocada na jarra, já ligada na tomada e com dois terços de água, já em ebulição, desta forma, fica submetida a um aquecimento em “banho-maria”. O ar no interior da lata sofre um aumento de temperatura, sendo que parte deste é expulso da lata. A lata é, então, retirada do recipiente e imediatamente fechada, utilizando para isto a palma da mão. Com a diminuição da temperatura, a pressão no interior da lata diminui e em virtude da diferença de temperatura externa e interna, a lata sofre amassamento. Recomenda-se o uso de luvas de borracha para evitar queimaduras com o vapor de água, bem como para uma melhor vedação da lata. A lata de alumínio possui baixa capacidade calorífica e, desta forma, não oferece risco de queimaduras, porém, isto não se aplica à água em ebulição. A seguir, algumas imagens que podem auxiliar na realização desta demonstração.



**Figura 1:** lata sendo colocada na jarra





**Figura 2:** lata sendo aquecida em banho-maria



**Figura 3:** lata sendo retirada da jarra e vedada com a palma da mão.



**Figura 4:** início do amassamento da lata



**Figura 5:** fim do amassamento, com a lata ainda vedada

A partir de algumas aproximações, devem feitos os cálculos das variáveis termodinâmicas envolvidas em alguns instantes, sendo enumerados como estados termodinâmicos. Recomenda-se a montagem da tabela que segue e a proposição de que os estudantes realizem os cálculos necessários para seu preenchimento.

Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4
$P_1: 1 \text{ atm}$	$P_2: 1 \text{ atm}$	$P_3: (\text{calculada})$	$P_4 = P_3$
$V_1: 0,350 \text{ l}$	$V_2: 0,350 \text{ l}$	$V_3: 0,350 \text{ l}$	$V_4: \text{calculado}$
$T_1: 20^\circ\text{C} (293\text{K})$	$T_2: 100^\circ\text{C} (373\text{K})$	$T_3: 80^\circ\text{C} (353\text{K})$	$T_4: 20^\circ\text{C} (293\text{K})$
$n_1: (\text{calculado})$	$n_2: (\text{calculado})$	$n_3 = n_2$	$n_4 = n_2$

Para efeitos de cálculos, o ar deve ser tratado como um gás ideal, e as temperaturas devem ser todas estimadas pelo professor. Na primeira transformação, deve ser calculada e discutida a variação na quantidade de ar na lata. Na segunda transformação, considera-se que o volume não mudou. Na terceira, considera-se a pressão como constante. Propor aos alunos a resolução de exercícios pertinentes ao assunto abordado no encontro. Duração sugerida: 2 a 3 horas-aula.

**Sétimo encontro:** *Avaliação final.*

Avaliação individual. Propor uma prova buscando avaliar a capacidade dos alunos na resolução de problemas numéricos e conceituais. A proposta também tem

como objetivo a avaliar a validade desta UEPS para o preparo dos alunos para outros testes, como ENEM e vestibulares. Um exemplo de avaliação encontra-se no Apêndice desta UEPS. Duração sugerida: 2 horas-aula.

**Oitavo encontro:** *Reconciliação integradora*

Após a devolução das provas, já corrigidas pelo professor, elencar as questões que mais suscitaram dúvidas. Na primeira metade deste encontro, os estudantes devem se reunir em grupos e discutir suas respostas. Na segunda metade, o professor resolve no quadro estas questões, discutindo com os grupos os resultados esperados e os obtidos pelos estudantes. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Total de horas-aula:** *de 14 a 17 horas-aula.*

**Bibliografia:**

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 7.ed. São Paulo: Hucitec, 1995

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio / Alberto Gaspar. V. 2. Ondas, óptica, termodinâmica**. São Paulo : Ática, 2010

MOREIRA, M. A **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS**. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/mapasport.pdf>. (acesso em 07/10/2014).

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 6.

MÜLLER, A. D. E.; MOREIRA, M. A. **Uso de mapas esquemas conceituais em sala de aula**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 4.

## Apêndice – Prova: transformações termodinâmicas



COLÉGIO ESTADUAL PIRATINI  
PROVA DE FÍSICA – 2º TRIMESTRE – 2º ANO  
Prof. Marcos Pradella  
Nome: \_\_\_\_\_

CONCEITO: \_\_\_\_\_

Turma: \_\_\_\_\_

**Todas as questões devem ter cálculos. As respostas devem estar a caneta, acompanhadas das respectivas unidades. Use o verso da folha para os cálculos.**

Na aula do dia 10 de outubro foi feita a demonstração do amassamento de uma lata de refrigerante pela diferença de pressão do ar no interior da lata e no meio externo. Primeiramente a lata foi aquecida em banho maria, sendo então vedada impedir a saída ou entrada de ar na lata. Vamos considerar este primeiro momento como sendo o primeiro estado termodinâmico do ar no interior da lata, que vamos tratar como um gás ideal. Nestas condições, há um volume de gás equivalente a  $V_1 = 350$  ml no interior da lata, uma pressão  $P_1 = 1$  atmosfera e uma temperatura  $T_1 = 100$  °C.

- 1) Determine:
- a temperatura  $T_1$  na escala Fahrenheit;
  - a temperatura  $T_1$  na escala Kelvin;
  - a pressão  $P_1$  em Pascais;
  - o volume  $V_1$  em litros;
  - o volume  $V_1$  em  $m^3$ .

Após a lata ser retirada do banho maria e vedada, a temperatura da lata e do ar no seu interior diminuem gradativamente, processo esse que provoca a diminuição da pressão no interior da lata. Com a diferença de pressão entre o interior e o exterior da lata, a lata tende a ser esmagada pela pressão externa. Com base neste evento, considere as duas situações que seguem.

2) A temperatura  $T_1$  diminuiu até atingir uma nova temperatura  $T_2 = 70$  °C e a lata ainda não havia sofrido deformação. Vamos considerar esta etapa como sendo o segundo estado termodinâmico do ar no interior da lata. Determine a Pressão  $P_2$  do ar no interior da lata.

3) Na sequência da demonstração, o temperatura ar no interior da lata continuou a diminuir, até atingir o equilíbrio térmico com o ambiente, a uma temperatura de 27 °C. Esta situação será tratada como o terceiro estado termodinâmico. Vamos considerar que a pressão manteve-se a mesma do segundo estado termodinâmico. Assim, determine o volume de gás no interior da lata,  $V_3$ , ou seja, determine a nova capacidade da lata, após o amassamento.

4) Determine o número de mols de ar no interior da lata utilizando as variáveis  $P_1$ ,  $V_1$  e  $T_1$ .

5) Determine o número de mols de ar no interior da lata utilizando as variáveis  $P_3$ ,  $V_3$  e  $T_3$ .

6) Você acha coerentes as respostas das questões 4 e 5? Comente sua resposta.

## **Proposta de UEPS IV: PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA**

**Objetivo:** ensinar a Primeira Lei da Termodinâmica.

Esta UEPS é o fechamento das três unidades anteriores, sendo assim, podem ser levados em consideração todas as sondagens e avaliações finais das unidades anteriores. Deve-se considerar que o conhecimento pode ocorrer ao longo de um longo período de tempo, podendo haver evidências de aprendizagem das UEPS anteriores ao final desta. Assim, esta avaliação final será considerada como uma avaliação final para as quatro UEPS propostas.

### **Primeiro encontro:** *Situação-problema inicial*

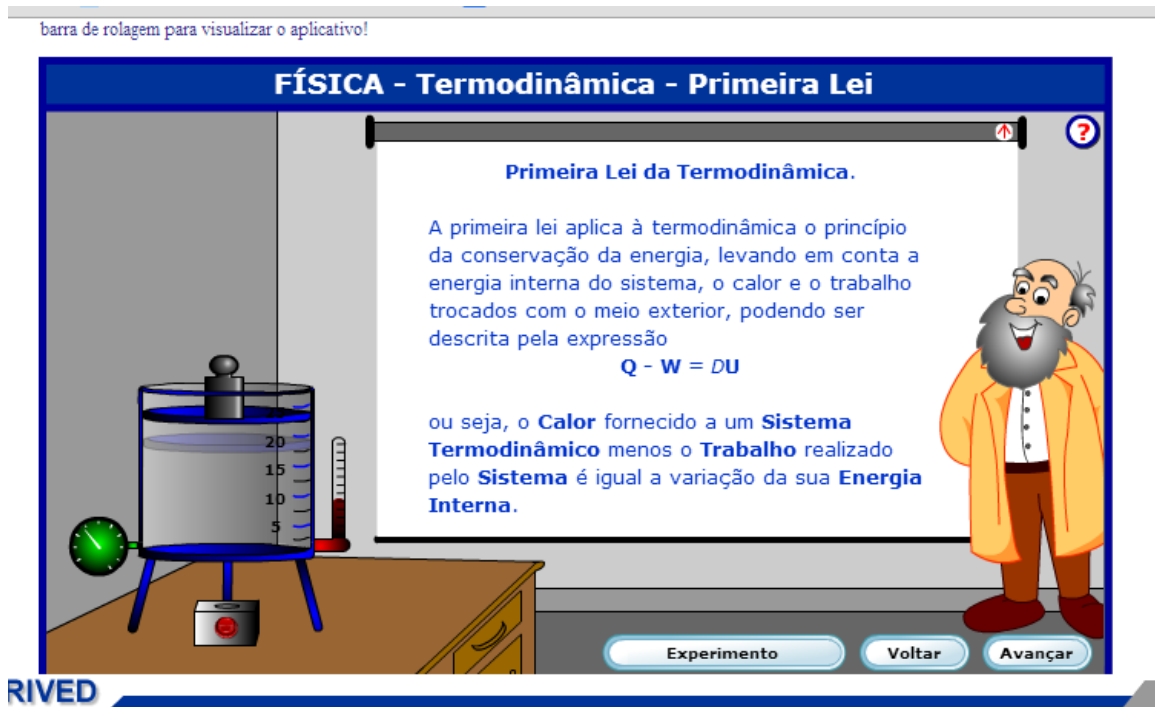
O primeiro encontro da quarta unidade de ensino proposta é uma aula teórico-expositivo, na qual são abordadas as seguintes temáticas: I – O que são leis para a Física? II – Lei Zero da Termodinâmica e a cronologia das leis da Termodinâmica. O enfoque deste encontro deve ser a Primeira Lei da Termodinâmica decorrente da conservação de energia aplicada aos sistemas termodinâmicos. Deve ser instigada a participação dos estudantes para a retomada dos conceitos de calor, quantidade de calor, trabalho e energia interna. Após esta reconciliação integradora, os estudantes devem ser questionados sobre “como os conceitos estudados individualmente poderiam estar interrelacionados?” Assim, deve ser apresentada a relação da Primeira Lei envolvendo quantidade de calor, trabalho e variação de energia interna. Duração sugerida: 1 hora-aula.

### **Segundo encontro:** *Nova situação-problema, em nível mais alto de complexidade.*

O segundo encontro da quarta unidade consiste na exploração da animação “Primeira Lei da Termodinâmica”, no laboratório de informática da escola.

Esta animação é interativa e os estudantes podem navegar através dela, usando os botões “Avançar” e “Voltar”, e obter explicações do objeto de aprendizagem através do botão “?”.

A animação Primeira Lei da Termodinâmica está disponível online<sup>4</sup>. Abaixo, uma imagem da animação.



**Figura 1:** Print da tela da Animação Primeira Lei

No laboratório de informática, os estudantes devem ser orientados para que durante a interação com a animação seja feita a leitura de todas as informações apresentadas. É possível que na primeira vez que o link seja acessado o conteúdo não seja apresentado de forma correta. Neste caso, tentar novamente, atualizando a página, pressionando a tecla F5.

Finalmente, e como tarefa extraclasse, os estudantes devem acessar novamente a ferramenta trabalhada em aula. A partir desta nova interação, agora individualmente, cada aluno deve desenvolver um relatório, de acordo com as orientações que seguem.

O relatório deverá conter necessariamente cinco itens, destacados em negrito a seguir: **capa; introdução; desenvolvimento; conclusão e relatório.**

Os quatro primeiros itens devem ser focados no conteúdo de que trata a animação, devendo ser de própria autoria, não copiado da animação ou de outras

<sup>4</sup> Disponível online, em [http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/PrimeiraLei/fis\\_Termo\\_ativ\\_PrimeiraLei.html](http://fisica.ufrgs.br/cref/OA/PrimeiraLei/fis_Termo_ativ_PrimeiraLei.html) (acesso em 24/08/2014)



fontes. Também é possível que o relatório seja enriquecido com imagens e gráficos da animação (recortes de “prints” da tela), por exemplo. As respostas às questões que seguem devem ser contempladas no trabalho. Qual o principal princípio da Física que a Primeira Lei da Termodinâmica está associada? Como podemos calcular o trabalho em uma transformação termodinâmica? Como determinamos a energia interna de um gás?

O quinto item do trabalho é um **parecer** sobre a atividade proposta, ou seja, um espaço onde o aluno pode colocar suas impressões sobre as dinâmicas utilizadas em aula, a animação e as atividades propostas a fim de melhorá-las.

Ressalta-se que o teor deste último item pode servir para o professor fazer a análise da aceitação da UEPS e estabelece um canal de diálogo com os estudantes e que pode mostrar-se muito eficiente na interação professor-aluno. Neste parecer cada aluno pode expressar suas dificuldades, tecer críticas, sugestões, enfim, avaliar as ferramentas e métodos utilizados até o momento no desenvolvimento dos conteúdos. Em relação à análise destes pareceres cabe destacar que Bakhtin (1995) coloca que os discursos nunca são neutros, pelo contrário, estão ligados às estruturas sociais e revela valores sociais de dominação e poder. Assim, o autor desta sugestão acredita que a análise dos pareceres deve ser criteriosa, sendo necessário um longo caminho de trocas diárias com os alunos para que estes percebam que não somente o trabalho do professor está sendo analisado, como também todo o processo de aprendizagem. Este parecer será uma ferramenta de avaliação da receptividade da UEPS, das ferramentas, métodos e estratégias utilizadas, bem como a atuação do professor.

Para esta atividade é necessário que os computadores disponham do *plugin Flash Player*. Recomenda-se um teste prévio da animação em cada computador. Duração sugerida: 2 a 3 horas-aula.

### **Terceiro encontro: Nova situação-problema.**

Nova situação-problema: Como podemos calcular o trabalho numa transformação termodinâmica? Esta pergunta pode ser sucedida de uma tempestade de ideias. A seguir, podem ser abordados os assuntos do “Cálculo do

trabalho a partir da dinâmica e a partir da conservação de energia” e “Cálculo do trabalho numa transformação a partir do gráfico *P versus V*”. Duração sugerida: 1 hora-aula.

**Quarto encontro: *Reconciliação integradora***

Realizar novamente a demonstração do amassamento de uma lata de refrigerante pela pressão atmosférica, visando a abordagem do ponto de vista energético. Os valores da variação da energia interna do gás, a quantidade de calor trocada com o ambiente e o trabalho realizado pelo ambiente sobre a amostra de gás na lata podem ser calculados a partir da Primeira Lei da Termodinâmica e do trabalho (a partir do gráfico *P versus V*, a ser esboçado no quadro-negro), tendo como valor para as variáveis termodinâmicas as estimativas presentes na seguinte tabela:

Situação inicial (1)	Situação intermediária (2)	Situação final (3)
$P_1$ : 1 atm (101,3 kPa) $V_1$ : 0,350 l ( $3,5 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ ) $T_1$ : 100°C (373K) $n_1$ : 0,014 mol	$P_2$ : 90 kPa $V_2$ : 0,350 l $T_2$ : 80°C (353K) $n_2 = n_1$	$P_3 = P_3$ $V_3$ : 0,300 l $T_3$ : 20°C (293K) $n_3 = n_1$

Na transição do estado inicial para o estado termodinâmico intermediário deve ser considerado que apenas houve troca de calor do ar na lata com o ambiente externo, assim, pode-se calcular esta grandeza a partir da variação de energia interna do ar considerando que o trabalho é nulo.

Na transição do estado intermediário para o estado final, calcular o trabalho que o ar no interior da lata sofre, por parte da pressão atmosférica, enquanto a lata é amassada. Também pode ser calculada a variação da energia interna, considerando o ar como uma mistura de gases predominantemente diatômicos ( $N_2$ ) e os valores inicial e final da temperatura. A partir da Primeira Lei da Termodinâmica, calcular a quantidade de calor trocada com o ambiente ( $Q = W + \Delta E_{\text{int}}$ ), sendo que os valores do trabalho realizado sobre o gás e a variação da energia interna são ambos negativos. Duração sugerida: 2 horas-aula.



**Quinto, sexto, sétimo e oitavo encontros: Avaliação final.**

Nestas aulas, os alunos devem criar e apresentar mapas conceituais. Como um grande fechamento das quatro unidades de ensino propostas, propõe-se o desenvolvimento de mapas conceituais sobre Termodinâmica, cada um destes acompanhado de um texto explicativo e da sua apresentação para o professor e os colegas. Em sala de aula, os alunos devem reunir-se em grupos de até seis integrantes, de acordo com suas afinidades. Após negociarem significados, os alunos iniciam a construção do mapa conceitual do grupo. As atividades devem ser sempre orientadas pelo professor, entretanto, os estudantes devem ter autonomia para as estratégias de apresentação dos trabalhos. Esta é a avaliação final das Unidades de Ensino propostas neste trabalho. Duração sugerida: 6 a 8 horas-aula.

**Total de horas-aula:** de 12 a 15 horas-aula.

**Bibliografia:**

BAKHTIN, M. **Marxismo e Filosofia da Linguagem**. 7.ed. São Paulo: Hucitec, 1995

GASPAR, A. **Compreendendo a física: ensino médio / Alberto Gaspar. V. 2. Ondas, óptica, termodinâmica**. São Paulo : Ática, 2010

MOREIRA, M. A **UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS – UEPS**. Disponível em <http://moreira.if.ufrgs.br/UEPSport.pdf>. (acesso em 07/10/2014).

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa em mapas conceituais**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 6.

MÜLLER, A. D. E.; MOREIRA, M. A. **Uso de mapas esquemas conceituais em sala de aula**. Textos de Apoio ao Professor de Física, 2013, v. 24. n. 4.