



Alexandre Saraiva De Maria

**INSTRUÇÃO PELOS COLEGA E ENSINO SOB MEDIDA: MÉTODOS ATIVOS DE
ENSINO AUXILIANDO A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE
TERMODINÂMICA EM NÍVEL MÉDIO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Prof. Dr. Ederson Staudt

Orientador

Prof. Dr. Liane Ludwig Loder

Coorientadora

Tramandaí

Agosto/2018

CIP - Catalogação na Publicação

DE MARIA, ALEXANDRE SARAIVA
INSTRUÇÃO PELOS COLEGA E ENSINO SOB MEDIDA:
MÉTODOS ATIVOS DE ENSINO AUXILIANDO A CONSTRUÇÃO DE
CONCEITOS BÁSICOS DE TERMODINÂMICA EM NÍVEL MÉDIO /
ALEXANDRE SARAIVA DE MARIA. -- 2018.

135 f.

Orientador: Ederson Staudt.

Coorientadora: Liane Ludwig Loder.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Campus Litoral Norte, Programa de
Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em
Ensino de Física, Tramandaí, BR-RS, 2018.

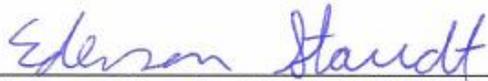
1. Ensino de Física. 2. Termodinâmica. 3. Ensino
sob Medida. 4. Instrução pelos colegas. 5. Métodos
Ativos. I. Staudt, Ederson, orient. II. Loder,
Liane Ludwig, coorient. III. Título.

Alexandre Saraiva De Maria

**INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS E ENSINO SOB MEDIDA: MÉTODOS ATIVOS
DE ENSINO AUXILIANDO A CONSTRUÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE
TERMODINÂMICA EM NÍVEL MÉDIO**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul em parceria com a Sociedade Brasileira de Física, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 24 de agosto de 2018.



Prof. Dr. Ederson Staudt – MNPEF-UFRGS/CLN (Orientador)



Prof. Dr. Marcus Eduardo Maciel Ribeiro – IFSul



Prof. Dr. Jorge Rodolfo Silva Zabadal – MNPEF-UFRGS/CLN



Prof. Dr. Neila Seliane Pereira Witt – MNPEF-UFRGS/CLN

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho aos meus pais, Antônio e Mary, meu irmão Guilherme, minhas filhas, Alice e Clara e à Bruna Molozzi que sempre me incentivaram e me forneceram todo o apoio necessário para seguir em frente.

AGRADECIMENTOS

Aos estudantes da turma 201 do ano de 2017 e às direções e coordenações que apoiaram e incentivaram a aplicação deste trabalho.

A todos os professores e técnico-administrativos do Campus Litoral Norte da UFRGS pelo apoio e parceria.

Ao amigo e orientador Ederson Staudt que não mediu esforços para auxiliar na realização deste trabalho.

Aos colegas e equipe diretiva do colégio Rosário que sempre me incentivaram a seguir pesquisando sobre o ensino de Física.

Ao meu irmão André Kersting e toda a família Anglo – RS pelo suporte e aprendizado.

À SBF e a UFRGS pela oportunidade ímpar junto à comunidade do litoral norte do Rio Grande do Sul.

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi o de elaborar uma sequência didática sobre tópicos de termodinâmica a nível de ensino médio. Ela consiste em um texto de apoio dividido em quatro capítulos sobre termodinâmica, tarefas de leitura e testes conceituais. Para implementarmos os materiais produzidos investigamos as consequências no processo de ensino-aprendizagem em uma turma de 35 alunos do segundo ano do ensino médio em uma escola privada de Porto Alegre (RS), por meio do uso conjunto de dois métodos ativos de ensino: Instrução pelos Colegas (IpC) e Ensino sob Medida (EsM). O uso conjunto dos métodos consiste, basicamente, em uma proposta metodológica de ensino. Tal proposta auxilia o professor no planejamento das atividades através das Tarefas de Leituras (TL), característica marcante no método EsM, permitindo que o professor antecipe uma compreensão própria do grau de conhecimento, dos estudantes, sobre o assunto que será abordado em sala. O IpC pode contribuir significativamente para alterar a postura passiva dos alunos em relação ao que está sendo ensinado por se tratar de uma técnica que potencializa o diálogo entre os pares. Tinha-se como objetivo ensinar significativamente conceitos básicos de termodinâmica em nível de ensino médio escolha desse conteúdo se deve, em grande parte, à dificuldade, historicamente demonstrada pelos estudantes, em ir além das concepções alternativas sobre os conceitos envolvidos nesses estudos. A experiência por parte do professor revelou maximização do tempo nos assuntos com as maiores dificuldades apresentadas previamente pelos estudantes. Os demais resultados foram obtidos pelos relatos dos estudantes participantes, e mostram uma boa aceitação dos métodos, tanto por auxiliar na organização do estudo diário, resultando em hábitos de estudo, quanto por alterar os processos e rotinas da sala de aula, isto é, alunos ativos e engajados nos processos de ensino-aprendizagem, reflexo percebido num bom desempenho nos testes de acompanhamento de aprendizagem.

Palavras-chave: Ensino de Física. Termodinâmica. Ensino sob Medida. Instrução pelos colegas. Tarefas de leitura. Testes conceituais.

ABSTRACT

The aim of this work was to elaborate a didactic sequence about the thermodynamics for high scholars. It consists in support texts divided into 4 chapters, reading tasks and conceptual texts about thermodynamics. To implement the material produced, we investigate the consequences of the thermodynamics teaching-learning process in a high school group, using two active methodologies: peer instruction and just in time teaching. The joint use of methods consists, basically, of a methodological proposal of teaching. This proposal assists the teacher to plan activities through the reading tasks, an important feature of the just in time teaching, allowing an anticipate comprehension of the students knowledge about the subject that will be approached in class. The peer instruction can highly contribute to change the passive posture of the students, because it enhances the dialogue between them. The intend was to teach significantly basic concepts of thermodynamics in the high school level. The choice of this content is due, in large part, to the difficulty, historically demonstrated by the students, to go beyond the alternative conceptions about the concepts involved in these studies. The teacher experience revealed maximization of time in subjects with the greatest difficulties previously presented by students. The other results were obtained by the reports of the participating students, and show a good acceptance of the methods, as much to help in the organization of the daily study, resulting in study habits, as to change the processes and routines of the classroom, that is, students active and engaged in the teaching-learning processes, reflected in a good performance in the tests of learning accompaniment.

Key-words: Physics teaching. Thermodynamics. Just in time teaching. Peer Instruction. Reading tasks. Conceptual tests.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Ensino sob Medida (<i>Just-in-time Teaching</i>)	14
2.2 Instrução pelos Colegas (<i>Peer Instruction</i>)	16
2.3 Aprendizagem significativa de Ausubel e as proposições de Vigotski	22
2.4 Teoria sociointeracionista de Vigotski	25
3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	27
3.1 Contexto	27
3.2 Material Utilizado	30
3.2.1 Texto de apoio.....	30
3.2.2 Tarefas de leitura (TL) e Testes Conceituais (TC)	31
3.2.3 Questionário de avaliação das atividades	33
4.1 Relato das Atividades	36
4.2 Relato dos encontros	42
4.2.1 Relato do primeiro encontro	42
4.2.2 Relato do segundo encontro	44
4.2.3 Relato do terceiro encontro	47
4.2.4 Relato do quarto encontro	52
4.2.5 Relato do Quinto Encontro	55
4.2.6 Relato do sexto encontro.....	58
4.2.7 Relato do sétimo encontro.....	59
4.2.8 Relato do oitavo encontro.....	63
4.3 Análise e discussão da aplicação do produto	64
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
REFERÊNCIAS	71

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	75
TEXTOS DE APOIO	75
PRODUTO EDUCACIONAL –TAREFAS DE LEITURA.....	94
PRODUTO EDUCACIONAL – TESTES CONCEITUAIS.....	105
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES	135

1 INTRODUÇÃO

No atual cenário educacional brasileiro, exposto nos documentos balizadores, são esperados no ensino médio (EM), o alcance dos saberes relacionados ao ensino de Física perpassa, em parte, por uma reformulação das práticas adotadas pelos professores. Desses documentos destacam-se os parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio (PCNEM)) publicado em 1998 e revisado em 2002. Neles são apresentadas algumas propostas, dirigidas aos professores, onde se busca aprofundar, através de exemplos e estratégias de trabalho, o que foi proposto em 1998.

Em relação ao ensino de física nas Escolas, as informações e os saberes relacionados aos conhecimentos que se espera que o estudante aprenda são geralmente apresentados pelo professor ao estudante em exposições orais, (MOREIRA 2010).

Nesta esteira de raciocínio o professor expõe o conteúdo sem reconhecer quais conhecimentos prévios sobre o assunto os estudantes possuem, situação agravada pelo número de estudantes por turma que pode chegar a 40 ou mais. A estratégia é simples, se verifica quais conteúdos já foram abordados com aquela turma e se subentende que esses foram aprendidos. Partindo desse princípio, o professor apresenta o “novo” conteúdo utilizando lousa e/ou apresentações de slides e sugere exercícios (muitas vezes denominados de exercícios de fixação). O próximo passo é verificar com testes ou provas se os estudantes são capazes de reproduzir aquele conhecimento. Após o círculo vicioso se repete: se inicia novo conteúdo seguindo a rotina de pouco tempo de aula, muito conteúdo a ser abordado e turmas numerosas. É fácil percebermos que essa prática, comumente adotada, tende ao fracasso, (FREEMAN et al., 2014). Os estudantes tornam-se desinteressados e o professor desmotivado. Aliado a isso, poderíamos citar as precárias condições de trabalho e a baixa remuneração que exige dos professores muito tempo em sala de aula para aumentar a renda e pouco ou quase nenhum tempo disponível para planejamento, estudo e crescimento profissional. Ademais, é assim que o cenário educacional, de um modo geral, se apresenta.

São muitas as propostas para que esse cenário mude. No ensino de Física, existem propostas de construção de materiais de baixo custo como alternativa ao laboratório que é quase inexistente em grande parte das Escolas, por exemplo, laboratório para

o ensino de mecânica (DUARTE, 2012) ou para o ensino de Física Moderna (DUARTE, 1998), ainda, sites na internet que disponibilizam simuladores computacionais (e.g. PHET), e os mais variados recursos para os professores de Física.

Entretanto, apesar dos recursos citados proporcionarem ao professor capacidade de melhor explorar os conteúdos que se deseja abordar, os resultados continuarão aquém do esperado se o processo e sua prática seguirem a mesma lógica, exposição do conteúdo (agora com recursos qualificados) – exercícios – testes.

Portanto, é imprescindível fazer uso de metodologias que auxiliem o professor a reverter esse quadro e repensar sua prática.

Nesse trabalho, implementamos dois métodos ativos de ensino o *Peer Instruction* e o *Just-in-time Teaching*¹, em tradução livre, Instrução pelos Colegas (**IpC**) e Ensino sob Medida (**EsM**), respectivamente. Os dois métodos podem ser usados em conjunto ou separados e vêm se mostrando úteis para o ensino-aprendizagem de conceitos de Física, sendo amplamente utilizados em todo o mundo (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Em Freeman (2014)², os autores apresentam, dentre outros, os resultados de uma pesquisa quantitativa com 225 universitários nos Estados Unidos. Relatam que os estudantes que tiveram aulas tradicionais tendem a errar uma vez e meia a mais do que os que tiveram aulas com metodologias ativas.

A escolha desses métodos de ensino pelos autores desse trabalho se deve, principalmente, a necessidade de engajar os estudantes de ensino médio nas atividades propostas em classe e extraclasse. O que se encontra subjacente a essa ideia é a de que o estudante é responsável, em última análise, pela sua aprendizagem. Nessa concepção, o estudante se movimenta para aprender dentro de sala de aula e, substancialmente, muito mais tempo fora dela. Outra necessidade que justificaria a escolha desses métodos de ensino reside na “pouca” aprendizagem significativa (**AS**) frente a “muito” trabalho de parte do professor. Neste sentido objetiva-se aqui que o “muito” trabalho do professor resulte concretamente em “muita” aprendizagem significativa por parte dos estudantes.

¹ Os dois métodos ativos de ensino são detalhados para melhor compreensão do leitor no capítulo 2.

² São apresentados também os resultados comparativos entre o uso de metodologias ativas e turmas mais ou menos numerosas *versus* método tradicional.

O uso conjunto dos métodos EsM e IpC, consiste, basicamente, em uma proposta metodológica de ensino. Tal proposta auxilia o professor no planejamento das atividades através das Tarefas de Leituras (TL), que necessitam ser cumpridas antes da aula, característica marcante no método EsM, tanto por permitir que o professor compreenda previamente o grau de conhecimento dos estudantes sobre o assunto que será abordado quanto para que seja feito o mapeamento de possíveis concepções alternativas³ (CA) acerca dos conceitos envolvidos no tema da aula.

O IpC pode contribuir significativamente para alterar a postura passiva dos estudantes em relação ao que está sendo ensinado por se tratar de uma técnica que potencializa o diálogo entre os pares. Os conhecimentos prévios são levados em consideração pela devida mediação por parte do professor em contraponto com o conhecimento científico. Esse método, portanto, permite que os estudantes utilizem o tempo de aula para questionamentos e reflexões. Os estudantes têm participação ativa em atividades colaborativas permitindo que o professor efetivamente se torne mediador da construção do conhecimento e os estudantes aprendam significativamente (MOREIRA 2010).

No presente trabalho utilizamos conjuntamente os métodos de ensino EsM e IpC com uma turma de 35 estudantes do segundo ano do ensino médio de uma escola privada de Porto Alegre (RS), com o objetivo de ensinar conceitos básicos de termodinâmica em nível médio.

O produto educacional consiste em um material instrucional implementado por dois métodos ativos de ensino. Esse material é formado por textos de apoio, questões conceituais prévias, testes conceituais e formulário de avaliação foram produzidos e/ou organizados por nós, possível de servir de exemplo para que os professores que pretendem utilizar métodos ativos de ensino para ensinar conceitos de nível médio sobre o conteúdo de termodinâmica sendo perfeitamente possível a sua extensão para outros assuntos.

A escolha desse conteúdo se deve, em grande parte, à dificuldade historicamente demonstrada pelos estudantes em ir além das concepções alternativas sobre os conceitos envolvidos no estudo da termodinâmica (MOREIRA, 1996). Dentre eles,

³ Os autores Silveira, Moreira e Axt (1996) utilizam o termo concepções alternativas fazendo referência aos conhecimentos prévios que divergem do conhecimento científico. Pode-se compreender as concepções alternativas como conhecimento do senso comum ou preconcepções.

destacam-se: temperatura, calor, energia interna, trabalho e entropia. Segundo, Silveira e Moreira (1996) comentam que os conceitos de calor, temperatura, energia interna e entropia são os conceitos-chave da termodinâmica. Moreira, no artigo, A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a investigação nesta área, exemplifica os conceitos da terminologia como integrantes de um dos campos conceituais da Física que não podem, então, ser ensinados como conceitos isolados. Acreditamos que a correta construção dos conceitos de Calor, Temperatura, Energia Interna e Entropia deva nortear o estudo da termodinâmica no ensino médio, o que, quando feito com o devido rigor, não é uma tarefa fácil.

Os objetivos desse trabalho foram i) alterar a rotina da sala de aula com a implementação dos métodos ativos de ensino IpC e EsM e assim promover uma aprendizagem significativa sobre termodinâmica no ensino médio. ii) fornecer um material instrucional aos professores de Física, tais como textos de apoio, tarefas de leitura com questões conceituais prévias, testes conceituais e questionário de avaliação. iii) apresentar um relato sobre a aplicação do material instrucional. iv) avaliar os resultados da implementação em termos de aprendizagens dos conteúdos de física e motivação dos estudantes.

A seguir é apresentado, no Capítulo 2, os métodos de ensino EsM e IpC e alguns estudos anteriores que nos auxiliaram na aplicação deste trabalho e, no Capítulo 3, o referencial teórico utilizado (Teoria da Aprendizagem Significativa e teoria sócio interacionista de Vigotski). Após, são apresentados aspectos metodológicos e didáticos da proposta de ensino (Capítulo 4), seguido do detalhamento das atividades utilizadas na aplicação da proposta de ensino (Capítulo 5).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Todos sabemos da dificuldade de aproximar o discurso embasado em teorias pedagógicas da difícil realidade que os professores estão inseridos no contexto escolar. É de conhecimento de grande parte dos professores, teorias como a da Aprendizagem Significativa de Ausubel e o sociointeracionismo de Vigotski, por exemplo. Porém, transpor esses conhecimentos para a realidade que professores e estudantes estão inseridos não é tarefa fácil.

Existe, portanto, a necessidade de instrumentalizar os professores com métodos que permitam a aproximação dos discursos teóricos, teorias de aprendizagem e epistemológicas, sabidamente muito valiosos no processo de ensino aprendizagem. Desses métodos destacam-se o EsM e o IpC.

O objetivo deste capítulo é apresentar de maneira objetiva os aspectos específicos de duas teorias de aprendizagem e de duas metodologias de ensino, a teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e a teoria Sociointeracionista de Vigotski, Ensino sob Medida e Instrução pelos Colegas que se relacionam com este trabalho.

2.1 Ensino sob Medida (*Just-in-time Teaching*)

Proposto em 1999 pelo professor Gregor Novak da Universidade de Indiana (EUA) e colaboradores, o método EsM baseia-se na proposta de tarefas de leituras (TL) seguida de atividades centradas nos estudantes.

Para que esses objetivos sejam alcançados, primeiramente é proposto ao estudante uma atividade que antecede a aula e que fornecerá condições do professor preparar a aula de maneira adequada além de fornecer ao estudante uma leitura sintetizada sobre o assunto que, posteriormente, será abordado em sala. Essas atividades, TL, são também conhecidas como atividades de “aquecimento”. Dessa forma, é necessário reconhecer através dessa primeira etapa do método quais são as dificuldades em relação ao assunto que será abordado. Tal atividade, que permite esse reconhecimento, consiste em diversas possibilidades como na proposta de leituras através de textos curtos, artigos ou na proposta de assistir um vídeo, etc. Após

essa atividade, devem ser construídas questões conceituais prévias, após a leitura em casa, referentes à TL para serem respondidas pelos estudantes.

As questões devem ser motivadas por um conjunto claro de objetivos de aprendizagem desejados, além de ter um grau de dificuldade adequado ao nível de ensino. Elas não podem ser tão fáceis, a ponto de não demandarem nenhum esforço para responde-las, mas nem tão difíceis impossibilitando a resposta (OLIVEIRA, 2012).

As TL objetivam a familiarização do assunto que será trabalhado e a identificação, pelo professor, dos conhecimentos prévios dos estudantes através de questões sobre os conteúdos abordados. Esse mapeamento permite o desenvolvimento de discussões em sala de aula e atividades em grupo envolvendo os conceitos trabalhados nas tarefas de leitura (ARAUJO; MAZUR, 2013).

A construção dessas perguntas objetiva tanto a ação reflexiva dos estudantes a respeito do assunto que está sendo abordado quanto a possibilidade de mapear os conhecimentos prévios dos estudantes. Não são, portanto, perguntas convencionais ou respondidas por simples memorização. Essas respostas colocam o estudante como parte do processo de ensino-aprendizagem pois seus argumentos, sua forma de linguagem e posicionamento crítico são de grande valia para o EsM. Isso ocorre, pois, objetivando que os estudantes aprendam significativamente é preciso permitir que ocorra uma interação cognitiva entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios relevantes existentes na estrutura cognitiva do estudante, Moreira (2010).

Assim, as respostas, enviadas eletronicamente, irão munir o docente das informações necessárias para o planejamento das aulas por isso devem ser enviadas em tempo hábil. Para o recebimento foi utilizada a plataforma *Moodle* como ambiente de comunicação para postagem de formulários eletrônicos, *Google forms*. Após, cabe ao professor analisá-las e encontrar a melhor estratégia de abordagem na sala de aula sobre o assunto a partir dos conhecimentos prévios e das maiores dificuldades apresentadas.

Conforme a proposta do EsM, as questões conceituais prévias da TL são selecionadas e apresentadas à turma. Essa seleção deve ser feita de maneira a identificar as questões capazes de proporcionar uma discussão sobre o assunto.

Torna-se interessante, para atingir o objetivo esperado, selecionar as respostas que demonstrem conhecimentos prévios sobre conceitos científicos. Por exemplo, no

contexto da terminologia podem ser destacadas e apresentadas a turma aquelas respostas que evidenciem tais conhecimentos sobre calor e temperatura, pois é sabido e facilmente identificável que grande parte dos estudantes relacionam calor com temperatura em detrimento da energia.

Ainda sobre os conhecimentos prévios ou concepções alternativas, Moreira e Silveira (1996) apresentam a validação de um teste conceitual sobre calor e temperatura muito útil para auxiliar na construção das questões conceituais que foram utilizadas em uma das tarefas de leitura e em sala de aula quando da aplicação desse trabalho.

O professor tem papel importante na mediação desse diálogo. Cabe a ele argumentar sobre esses conhecimentos que divergem do conhecimento científico auxiliando na desconstrução desses conceitos ficando a seu critério, de acordo com as condições e estrutura disponíveis, fazer uso de experimentos, curtas exposições orais ou simulações computacionais voltadas ao esclarecimento dos conteúdos que se deseja ensinar. É reconhecido no método EsM que o engajamento dos estudantes durante a aula passa por uma mudança (ARAUJO; MAZUR, 2013; OLIVEIRA, 2012). Dessa forma, propor as tarefas de leitura e identificar os conhecimentos prévios dos estudantes auxilia o professor no planejamento das aulas, entretanto, as atividades posteriores também precisam ser modificadas e diversificadas para que o método seja eficaz em todos os seus aspectos.

Outra observação sobre o uso do método EsM se refere a motivação dos estudantes em “estudar” tanto por reconhecerem os assuntos que estão sendo tratados em aula tanto por auxiliar na construção de hábito de estudo.

2.2 Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*)

O método IpC foi criado pelo Prof. Eric Mazur da Universidade de Harvard (EUA) em meados da década de 90 (MAZUR, 1997). O IpC pode promover a interação entre os estudantes e professores em torno do conteúdo que está sendo ensinado através de questões conceituais.

A característica marcante do IpC é permitir o engajamento de um número maior de estudantes em comparação com as aulas tradicionais em que apenas os mais motivados com o assunto se envolvem e participam de maneira colaborativa. É através da discussão entre os estudantes sobre os conceitos abordados pelo

professor que se torna mais efetivo o engajamento deles com seu próprio aprendizado.

O ponto de partida para a aplicação do IpC consiste na preparação de questões conceituais (seleção de questões existentes ou construção de questões inéditas), que diferem das convencionais por exigir dos respondentes que evidenciem conhecimentos construídos a partir da compreensão do conteúdo trabalhado. Ou seja, não podem ser respondidas com simples memorização de parte de textos ou fórmulas, pois são construídas com o objetivo de revelar conhecimentos que diferem das concepções alternativas.

Conforme Moreira,

Ensino centrado no estudante, tendo o professor como mediador, é ensino em que o estudante fala muito e o professor fala pouco. Deixar os estudantes falarem implica usar estratégias nas quais possam discutir, negociar significados entre si, apresentar oralmente ao grande grupo o produto de suas atividades colaborativas, receber e fazer críticas. O estudante deve ser ativo, não passivo. (MOREIRA, 2010, pg. 4)

Não há dúvidas que o mais desafiador desse método é a necessidade de que os estudantes falem. O professor inicia a aula uma breve exposição oral em torno de 15 minutos sobre um conceito importante do conteúdo e é através das questões conceituais que o professor irá efetivamente mediar o debate. Essa exposição oral consiste em um tópico adequadamente escolhido, frente as respostas iniciais dos estudantes, que será exposto pelo professor para que se inicie o processo de votação e posterior discussão entre os estudantes. Geralmente são utilizados *flashcards* ou *clickers*, figura 1, como sistema de votação (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Após a exposição oral, é apresentado aos estudantes um teste conceitual (ou questão conceitual), usualmente de múltipla escolha. Nesse momento, o professor garante que a questão está clara para todos excluindo a possibilidade de erros por dificuldade de interpretação.

Um aspecto de extrema importância está em não fornecer a resposta correta antes do final do processo, fluxograma da figura 2, portanto, no momento da apresentação dos testes, o professor deve ter muito cuidado para não indicar a alternativa certa. Apresentado o teste conceitual, os estudantes são convidados a construir

argumentos sobre a alternativa que julgam correta sem divulgar a resposta para a turma.

Figura 1: Possíveis variações no sistema de votação



Fonte: (MAZUR e ARAUJO, 2013, p. 368).

Cartão de resposta (flashcards) com a letra “B” representando a alternativa escolhida, o receptor de radiofrequência USB e o sistema remoto de resposta (clickers).

Aberta a votação, o professor avalia as respostas identificando aqueles que responderam corretamente. Caso mais de 70% dos estudantes respondam corretamente, a questão é explicada revelando a alternativa correta. O professor pode optar por apresentar nova questão conceitual, ainda sobre o mesmo tópico, e novamente iniciar votação ou pode partir para outro aspecto importante do conteúdo reiniciando o processo.

Quando o número de acertos estiver entre 30% e 70% os estudantes são organizados em pequenos grupos e estimulados a debaterem sobre suas respostas. O professor tem o importante papel de estimular a discussão entre os colegas do grupo para que através do convencimento e da linguagem própria dos estudantes o conceito seja construído corretamente.

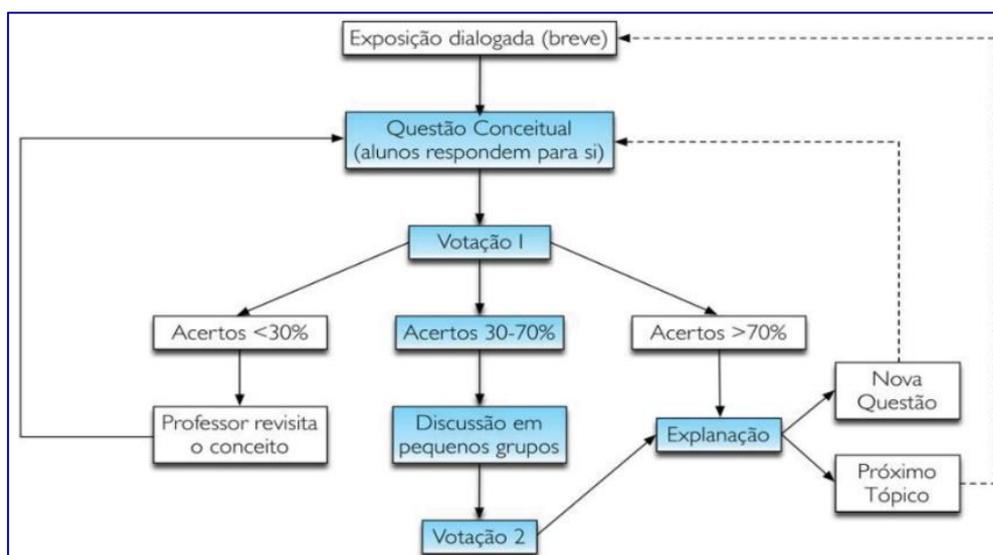
Entretanto, se após a 1ª votação menos de 30% responderem corretamente cabe ao professor fazer nova exposição sobre o tópico diversificando a abordagem, isto é,

utilizando outras formas e recursos para explicar tais como simulações, animações ou vídeos curtos para então reapresentar a questão e novamente abrir a votação.

O uso combinado desses métodos ativos de ensino (EsM + IpC), tem sido testado em alguns trabalhos. Em Araújo e Mazur (2013) e em Moreira (2010) os autores criticam o sistema tradicional de ensino centrado na oralidade do professor e buscam divulgar as potencialidades do uso combinado dos dois métodos de ensino apresentados anteriormente, além de fornecer conselhos práticos para favorecer a implementação deles em sala de aula.

Seguindo essa estratégia de combinar o EsM e o IpC, muitos professores de Física, vem construindo materiais apropriados ao uso desses métodos ativos de ensino, tais como tarefas de leitura sobre conteúdos programáticos e testes conceituais. Um exemplo é apresentado em Oliveira (2012) onde são apresentados materiais adequados aos métodos IpC e EsM sobre tópicos de eletromagnetismo. Nesse trabalho as tarefas de leitura são textos curtos com linguagem pouco rebuscada para facilitar a compreensão dos estudantes e muitos *links* de vídeos da internet e simulações educacionais. Os estudantes recebem os *links* das tarefas de leitura e dos questionários via ambiente virtual Moodle. É apresentado também uma sequência de testes conceituais a serem respondidos em sala após cada TL. Nessas atividades o professor utiliza *flashcards* para analisar as respostas corretas.

Figura 2: Fluxograma de aplicação do método Instrução pelos Colegas



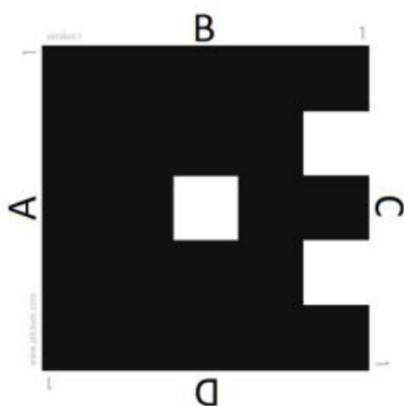
Fonte: (ARAUJO e MAZUR, 2013, p. 370)
Sequência do processo de aplicação do IpC.

Em Santos (2016) é apresentado uma outra maneira de coletar dados em sala de aula após votações sobre as respostas de testes conceituais. Os autores utilizam um aplicativo para *smartphone* conhecido como *Plickers*. A vantagem dessa forma de coletar dados reside na rapidez e precisão com que as respostas são coletadas além de, em tempo real, fornecer percentuais de acertos, alternativas mais marcadas, entre outros recursos de tratamento de dados.

O aplicativo realiza a leitura de códigos semelhantes a *QR codes*. Os estudantes levantam uma folha contendo o código, figura 3, e o aplicativo os lê com a câmera do *smartphone* contabilizando os resultados. O custo financeiro é baixo visto que o gasto se restringe ao de imprimir uma folha contendo o código para cada estudante. As cartas (folhas e códigos) são numeradas podendo um mesmo conjunto de códigos ser utilizado para várias turmas.

Outra variação do método propõe que cada estudante utilize *Tablet (Ipads)* ou *smartphones* conectado na internet para a coleta das respostas dos testes conceituais. É importante ressaltar que com o aplicativo citado no parágrafo anterior, *Plickers*, não há necessidade de acesso à internet. Para uso dos *Tablets* foi necessário que o professor enviasse um link, via ambiente virtual (*Moodle*), de um formulário eletrônico (*Google Forms*). Enquanto os estudantes respondem o teste conceitual através do formulário, o professor recebe as respostas dos estudantes em tempo real para avaliação do percentual de acertos. Após, o professor decide se explica a questão informando a resposta correta (percentual de acertos superior a 70%), se reúne a turma em pequenos grupos para discussão (acertos entre 30% e 70%) ou se necessita utilizar de outro recurso (simuladores, vídeos, experimentos etc....) e abrir nova votação.

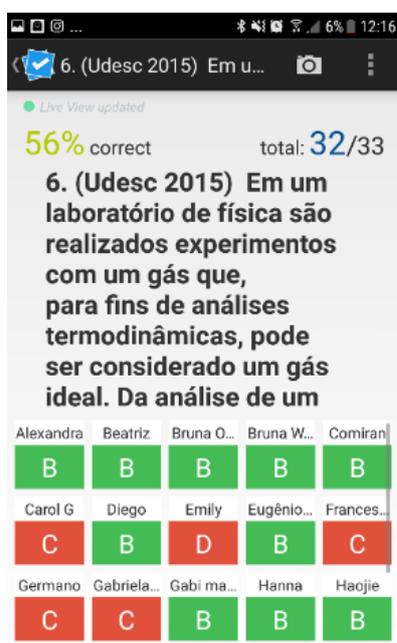
Figura 3: Código contendo quatro possibilidades de escolha para a votação.



Fonte: <https://www.plickers.com/cards>

Os estudantes levantam a carta com a letra escolhida para a votação na parte superior. Conforme indicado na figura acima, a alternativa escolhida seria a letra B.

Figura 4: Visualização dos dados coletados utilizando o aplicativo *Plickers*.



Fonte: Captura de tela do smartphone do autor deste trabalho.

A barra na cor verde corresponde ao gabarito da questão e as barras vermelhas as opções com as respostas incorretas, possibilitando identificar o número dos cartões que acertaram ou erraram a resposta.

Figura 5: Utilização de QR CODE para o aplicativo Plickers



Fonte: Autores do trabalho.

Estudantes votando na alternativa que julgam correta utilizando QR CODE. O professor com seu celular ou tablet coleta as respostas sem necessidade de estar conectada na internet. Estratégia para coleta de respostas em sala de aula. Imagem obtida na sala de aula do colégio Rosário em Porto Alegre.

2.3 Aprendizagem significativa de Ausubel e as proposições de Vigotski

Para que os estudantes compreendam os conceitos básicos de Termodinâmica é necessário, ressignificar as concepções sobre os conhecimentos do senso comum ou concepções alternativas (CA) sobre Calor, Temperatura e Energia. Conforme Silveira, Moreira e Axt (1996), os conhecimentos prévios dos estudantes muitas vezes possuem significados que discordam dos aceitos cientificamente.

Entretanto, não é tarefa fácil romper com esses significados. Eles são importantes e não podem ser ignorados quando se deseja construir um novo conhecimento ressignificando os anteriores. Segundo Moreira e Ostermann (1999), é baseado na interação de novos conceitos com conhecimentos pré-existentes na estrutura cognitiva do estudante que se fundamenta a aprendizagem significativa na teoria de Ausubel.

A proposta não é uma simples associação de conceitos, pois o termo interação prevê enlace, isto é, os conhecimentos pré-existentes chamados de subsunçores se elevam a diferentes níveis na estrutura cognitiva quando interagem através de novos significados com novos conhecimentos em uma relação não arbitrária e não literal.

Assim o estudante aprende significativamente, segundo Ausubel, quando consegue dar significado a novas informações e ressignificar os conceitos pré-existentes.

No artigo, Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos estudantes no processo de ensino aprendizagem de Física, (ARAUJO; MAZUR, 2013) os autores citam o princípio educativo mais importante destacado por Ausubel:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isso: o fator singular que mais influência a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra isso e ensine-o de acordo. (AUSUBEL, NOVAK, HANESIAN, 1980, p. 137).

Desconhecer ou ignorar o que o estudante já conhece, não permite ao estudante elevar seus conhecimentos a níveis mais avançados ficando no nível das operações básicas como fórmulas decoradas e textos de parágrafos desconexos e sem sentido para o estudante. Segundo Ausubel caracteriza-se assim a aprendizagem mecânica. Nela a aquisição de novos conceitos se dá sem que esses tenham significado por não interagirem com conceitos pré-existentes na estrutura cognitiva do estudante (MOREIRA, 2011).

Portanto, a construção de um conceito cientificamente correto é uma das principais tarefas do professor de física. Os conceitos em física não podem ser “entregues” aos estudantes de forma passiva no processo de ensino aprendizagem.

A construção de conceitos é extremamente dificultada pelo formato da Escola atual, pela falta de recursos de laboratório e de informática, é dificultada pela tendência de os professores tomarem a palavra para repetir o que está no livro sem trazer algum elemento novo e somente entregá-la para breves respostas para perguntas muitas vezes sem sentido. O método de ensino Instrução pelos Colegas, conforme Araújo, Mazur (2013), tem se mostrado muito eficiente como opção metodológica ao professor. A proposta de discussão entre estudantes que possuem diferentes conceitos sobre o mesmo fenômeno consiste em uma estratégia que rompe com o paradigma da Escola tradicional por permitir que os estudantes se tornem ativos, participantes do processo de construção de conhecimentos. O método se mostra uma excelente forma de permitir a interação dos estudantes entre si e com o professor.

Em sala de aula, é possível identificar os estudantes que não conseguem resolver problemas. É perceptível o estudante que busca aplicar fórmulas sem antes ser capaz de identificar o problema em questão e encontrar condições para contorná-los. Outro

exemplo é o estudante que faz cálculos e por erros nas unidades de medida encontra valores absurdos sem se questionar sobre o valor encontrado.

Essas questões, nem sempre são identificadas pelos professores, podem facilmente passar despercebidas e são evidências de que algo está errado no processo de construção de conhecimento desses estudantes. A proposta de TL apresentada no método EsM é de grande utilidade para que o professor possa mapear as dificuldades apresentadas pelos estudantes (ARAUJO; MAZUR, 2013).

Portanto, não consiste somente em uma atividade inicial ou introdutória dos conceitos que irão ser trabalhados, pois serve para o professor planejar a aula e dessa forma criar um espaço de oportunidade para os estudantes construírem significativamente novos conhecimentos. Isto é, as atividades de leitura contribuem para a avaliação prévia dos conhecimentos dos estudantes e essa ação, é de grande importância por permitir que os conhecimentos prévios dos estudantes sejam considerados na preparação das exposições orais e dos testes conceituais adequadas ao nível de desenvolvimento do estudante.

Em outras palavras, os estudantes podem não possuir os subsunçores específicos para relacionar com o novo material potencialmente significativo. Se após o mapeamento for constatada tal necessidade o professor pode fazer uso dos organizadores prévios em níveis mais altos de abstração e generalidade para que o estudante crie subsunçores capazes de se relacionar com o novo material e assumam níveis mais elevados de complexidade (MOREIRA, 2011).

Quando um novo conceito é aprendido por um processo de interação e ancoragem em um conceito subsunçor ocorre a modificação desse conceito. Quando esse processo é recorrente pode acontecer uma *diferenciação progressiva* do conceito subsunçor, conceito que quase sempre está presente na aprendizagem significativa subordinada. Quando um conceito adquire condições de ser relacionado com outros, após novas aprendizagens, ele se reorganiza e adquire novos significados caracterizando a *reconciliação integrativa*, (MOREIRA 2011).

2.4 Teoria sociointeracionista de Vigotski

A teoria vigotskiana apresenta o estudo das funções psicológicas superiores⁴ sob a perspectiva da dimensão social do desenvolvimento humano, que constitui-se enquanto tal, na sua relação com o outro social, (LA TAILLE; OLIVEIRA; DANTAS, 1992). Portanto, processos de desenvolvimento cognitivo não acontecem independente do contexto sócio histórico e cultural.

Para compreendermos os processos de desenvolvimento cognitivo, da forma que Vigotski apresenta, precisamos compreender os signos e os instrumentos que os mediam, (MOREIRA 2011), pois os processos psicológicos superiores surgem de diferentes combinações entre instrumento e signos na atividade psicológica. Signo não modifica o objeto da ação psicológica pois é uma atividade interna para o controle do próprio indivíduo.

Em física, sua linguagem simbólica e conceitos próprios dessa ciência constituem um sistema de signos, da mesma maneira com que a fala para os humanos representa um sistema de signos (VIGOTSKI, 1999).

O instrumento é orientado externamente e serve como condutor da influência humana sobre o objeto da atividade, ou seja, é meio para controle e domínio da natureza. Ele é orientado pelos signos, isto é, a atividade simbólica possui função organizadora que invade o processo do uso de instrumentos e produz novas formas de comportamento. Espera-se, segundo essa teoria, que seja feito o uso de instrumentos em sala de aula para permitir que os estudantes produzam novas formas de comportamento, reorganizando o pensamento a partir de signos anteriormente construídos evoluindo para abstração com atividades de pensamento mais complexas. Portanto, o uso de métodos diferenciados como o EsM e o IpC seriam instrumentos possivelmente fundamentados sob a perspectiva vigotskiana.

O único bom ensino é aquele que se adianta ao desenvolvimento. Essa frase contraria a tradicional orientação de que existem fases no desenvolvimento da criança, possíveis de serem classificadas, ideais para que ocorra o aprendizado, i. e. apesar

⁴ As *funções psicológicas superiores* fazem referência aos processos voluntários, requer intencionalidade e ação conscientemente controlada. São as funções que apresentam maior grau de autonomia em relação ao controle hereditário, (LA TAILLE; OLIVEIRA; DANTAS, 1992).

de estarem diretamente ligados, nunca se produzem de modo simétrico e paralelo (MOREIRA E OSTERMANN 1999).

Vigotski rejeita, portanto, a hipótese levantada por outras teorias de aprendizagem de que o desenvolvimento é sempre um pré-requisito para a aprendizagem. Ele propõe dois níveis de desenvolvimento para elaborar as dimensões do aprendizado escolar, o nível de desenvolvimento real e a zona de desenvolvimento proximal (ZDP). O primeiro faz referência ao nível de desenvolvimento mental do estudante como produto de ciclos de desenvolvimento já completados. O segundo define aquelas funções que estão em processo de maturação.

O nível de desenvolvimento real constitui o que o estudante já consegue fazer sozinho sem necessitar de auxílio. A zona de desenvolvimento proximal é caracterizada como um estado em que o estudante se encontra por ainda necessitar de auxílio para executar as tarefas. Segundo Vigotski (1999) os dados coletados quando se estuda a zona de desenvolvimento proximal produzem dados mais significativos que os coletados no estudo do nível de desenvolvimento real.

É nesse nível (ZDP) que se encontra a aprendizagem. Aprendizagem permite o surgimento da ZDP e de vários processos internos de desenvolvimento que quando socializados e interagindo com pessoas do seu ambiente permitem que tais aquisições tornem a fazer parte do nível de desenvolvimento real. Interessante o aspecto de nível e zona pelo caráter estático que “nível” possui e pelo caráter transitório que “zona” possui.

Podemos dizer que os métodos EsM e IpC atuam na zona de desenvolvimento proximal dos estudantes. Tanto a produção dos textos de apoio quanto a escolha ou construção das questões conceituais a serem utilizadas para o debate em sala de aula foram direcionados a essa área.

Outro aspecto importante na teoria de Vigotski e muito importante na fundamentação desse projeto são as etapas do processo de formação de conceitos.

Na fase da agregação desorganizada ocorrem os primeiros passos para a formação de conceitos. Nessa etapa, as crianças, ao contrário dos adultos, não resolvem problemas com a formação de um novo conceito. Ela reúne objetos de forma desorganizada, sem qualquer fundamento e sem haver relação entre si, eventualmente pode existir relação na forma com que o ocorre esse agrupamento na percepção da criança.

Na fase de pensamento por complexos surgem relações entre os objetos na mente da criança. Essas ligações oriundas de experiência direta é primeiramente um agrupamento concreto de objetos unidos por ligações factuais. A principal diferença entre um conceito e um complexo é que este último não é formado no plano do raciocínio lógico abstrato, ou seja, não possuem uma lógica no agrupamento.

O pensamento por conceitos, diferentemente do pensamento por complexos, agrupa os objetos de acordo com um atributo. É capaz de estabelecer ligações. Isso implica em abstrair e categorizar os elementos abstratos separadamente do todo na qual fazem parte, sendo necessário para isso que se tenha organizados os elementos discretos criando uma base para generalizações posteriores através do pensamento complexo, (MOREIRA, 2011).

3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

No presente capítulo será apresentado o contexto da aplicação deste trabalho e a seguir detalharemos as atividades propostas no produto educacional elaborado e a estrutura das aulas. No capítulo quatro será apresentado o relato de implementação do produto educacional.

3.1 Contexto

Aplicamos os métodos de ensino IpC e EsM em uma turma do 2º ano do ensino médio de uma escola privada localizada em Porto Alegre, RS. No segundo ano, em 2017, existia apenas uma turma em razão da extinção do currículo do ensino fundamental de 8 anos. Historicamente o colégio costuma manter 7 turmas no segundo ano do ensino médio.

A carga horária semanal é de quatro períodos de 50 minutos. São dois encontros de 50 minutos nas segundas-feiras e quartas-feiras e um encontro de 110 min (dois períodos conjugados) nas terças-feiras.

O ano letivo é dividido em três trimestres e o sistema de avaliação é baseado em nota. A média anual dos trimestres para aprovação sem a necessidade de exame final é de 7,0 pontos, cada trimestre vale 10. O sistema de avaliação trimestral é formado por 30% da nota do trimestre composta por atividades diversificadas como trabalhos de pesquisa, relatórios de laboratório, tarefas de casa, entre outras. O restante da nota,

70%, é formada por dois testes clássicos e uma avaliação de caráter cumulativo chamada de avaliação trimestral.

Nas salas de aula há recursos disponíveis para o uso dos estudantes e dos professores. Recursos como central multimídia (Apple TV) e câmera digital de documentos, por exemplo. Quando necessário, o setor de informática disponibiliza *tablets* (iPads) para uso individual dos estudantes. A rede *wi-fi* é liberada para os professores e estudantes havendo restrição de navegação no que se refere a redes sociais.

A turma é constituída de 35 estudantes. Não há estudantes bolsistas nessa turma indicando capacidade financeira familiar para arcar com os custos da Escola.

No aspecto cognitivo a turma possui 2 estudantes que necessitam ser avaliados de maneira diferenciada dos demais por precisarem de mais tempo para realizarem as avaliações. No aspecto comportamental, a turma é bastante envolvida com as atividades que o professor propõe demonstrando pró-atividade e capacidade de organização.

No quadro 1 são apresentadas as datas dos encontros, conteúdos abordados, resultados de aprendizagem esperados e as estratégias adotadas para cada um dos 8 encontros presenciais.

Quadro 1: Cronograma de aplicação

ENCONTROS	CONTEÚDOS	OBJETIVOS DE ENSINO Ao final das atividades de ensino, espera-se que os estudantes sejam capazes de:	ESTRATÉGIAS
1º Encontro (24/10/2017) 110 min.	Calor e energia. Equilíbrio térmico.	Reconhecer condições de existência de calor. Perceber situações de equilíbrio térmico.	Exposição oral com auxílio de slides e lousa eletrônica. Discussão e resolução de questões conceituais prévias realizadas na TL1. Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.
2º Encontro (25/10/2017) 50 min	Energia Interna	Associar a energia interna de um corpo à soma das energias potencial e cinética das partículas que constituem um corpo.	Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.
3º Encontro (31/10/2017) 110 min	Estudo dos Gases ideais: Variáveis de Estado termodinâmico, Lei geral dos gases e	Relacionar as variáveis de estado (P, V e T) através da lei geral dos gases ideais. Interpretar graficamente a relação entre variáveis de estado.	Exposição oral com auxílio de slides e lousa eletrônica. Utilização do simulador computacional disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gas-properties

	transformações gasosas.	Reconhecer as transformações isométricas, isobáricas e isotérmicas Interpretar o comportamento das variáveis de estado nas transformações gasosas.	Discussão e resolução de questões conceituais prévias realizadas na TL2. Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.
4º Encontro (01/10/2017) 50 min	Estudo dos Gases ideais: Variáveis de Estado termodinâmico, Lei geral dos gases e transformações gasosas em problemas numéricos.	Reconhecer as transformações isométricas, isobáricas e isotérmicas. Relacionar as variáveis de estado (P, V e T) em problemas numéricos através da lei geral dos gases ideais.	Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais e problemas numéricos.
5º Encontro (07/11/2017) 110 min	Primeira Lei da Termodinâmica e as transformações termodinâmicas (Isobáricas, isométricas e isotérmicas).	Compreender a 1º lei da termodinâmica como uma lei que se refere a conservação de energia. Relacionar as variáveis de processo termodinâmico (Q, W e U) com as variáveis de estado termodinâmico (P, V e T) Identificar as transformações gasosas (isométrica, isobárica e isotérmica) e avaliar trabalho realizado pelo gás e sobre o gás em transformações cíclicas.	Exposição oral com auxílio de slides e lousa eletrônica. Discussão e resolução de questões conceituais prévias realizadas na TL3. Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.
6º Encontro (08/11/2017) 50 min	Primeira lei da termodinâmica e transformações adiabáticas.	Compreender que a energia interna de um gás pode ser alterada devido à realização de trabalho nas transformações adiabáticas.	Exposição oral com auxílio de slides e lousa eletrônica. Discussão e resolução de questões conceituais prévias realizadas na TL3. Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.
7º Encontro (14/11/2017) 110 min	Segunda lei da termodinâmica Entropia Máquinas térmicas Transformações cíclicas	Compreender que a segunda lei da termodinâmica é uma lei que trata da entropia em processos irreversíveis e, portanto, se aplica às máquinas térmicas. Compreender o princípio de funcionamento de máquinas térmicas.	Exposição oral com auxílio de slides e lousa eletrônica. Discussão e resolução de questões conceituais prévias realizadas na TL4. Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.
8º Encontro (20/11/2016) 50 min	Rendimento de máquinas térmicas Ciclo de Carnot	Determinar o rendimento de máquinas térmicas, compreender o rendimento das máquinas ideais (Carnot) e resolver problemas numéricos.	Exposição oral com auxílio de slides e lousa eletrônica. Discussão e resolução de questões conceituais prévias realizadas na TL4. Discussões e debates em relação aos conceitos estudados conforme proposto no método IpC utilizando testes conceituais.

Datas dos encontros, conteúdos abordados, resultados de aprendizagem esperados e as estratégias adotadas para cada um dos encontros presenciais.

3.2 Material Utilizado

Nesta seção serão analisados os principais aspectos dos materiais utilizados para a aplicação do produto educacional como textos de apoio, vídeos, tarefas de leitura e testes conceituais.

3.2.1 Texto de apoio

O texto de apoio que foi elaborado para as tarefas de leitura está dividido em quatro capítulos abordando assuntos que julgamos importantes quando se deseja ensinar termodinâmica no ensino médio. Os capítulos encontram-se no apêndice A – Produto educacional: Texto de apoio⁵ e foram escritos na forma de hipertexto para facilitar a interação dos estudantes com o material. Trata-se ainda de um texto inicial, com redação bastante comum com o que já se encontra na literatura, entretanto, um texto conceitualmente mais refinado se encontra em fase de produção. Utilizamos diversos *links* que permitem que o leitor não fique preso a uma leitura linear, mas que possa ler um parágrafo e ser direcionado para um vídeo, uma imagem, um *gif* animado ou uma simulação computacional. Dessa forma os assuntos podem ser abordados de maneira diversificada e com múltiplas linguagens.

Espera-se com isso, acionar o que Ausubel chama de subsunçores para que no momento de sala de aula os conceitos que serão trabalhados sejam aprendidos de maneira significativa. A linguagem do texto de apoio é bem simples e as ideias evoluem de situações mais amplas para situações específicas.

Capítulo 1: Energia, Entropia e Irreversibilidade

O objetivo desse capítulo é o de explorar os conceitos sobre energia, entropia e irreversibilidade de forma a facilitar a aprendizagem significativa receptiva dos mesmos com o uso de uma linguagem clara e acessível aos estudantes de nível médio.

A aprendizagem significativa receptiva, é aquela em que a nova informação (conceitos, ideias, princípios) é apresentada, em sua forma final, ao aprendiz e adquire

⁵ O texto de apoio encontra-se no apêndice A, página 85.

significado para ele através da interação, do relacionamento, com conhecimentos específicos que ele já possui em sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1998).

Capítulo 2: Estudo dos Gases

O objetivo desse capítulo é apresentar as grandezas físicas que caracterizam um estado termodinâmico e de que maneira elas estão relacionadas. Para facilitar a compreensão, fizemos uso de simulações computacionais e *gif's* animados.

Buscamos partir da construção do modelo de gás ideal indo até as transformações gasosas passando pela equação geral dos gases e equação de Clapeyron.

Capítulo 3: Primeira Lei da Termodinâmica

O terceiro capítulo enviado aos estudantes consiste basicamente em uma abordagem sobre Energia. Nele buscou-se desenvolver o conceito de que a energia do universo é constante, retomando assuntos abordados anteriormente, sob a justificativa de visitar conceitos já estudados aprofundando, ou aumentando seu grau de complexidade e reforçar o fato de que nem todos os conceitos de uma teoria nova são de fato novos, o que ocorre muitas vezes é a aparição de um mesmo conceito sobre um enfoque diferente. Portanto, o objetivo principal desse capítulo é o de auxiliar os estudantes a compreenderem que a 1^o lei da termodinâmica nada mais é que uma lei que trata do princípio da conservação de energia.

Capítulo 4: Segunda lei da Termodinâmica

O quarto e último capítulo foi produzido seguindo o mesmo formato dos capítulos anteriores. Nele buscou-se apresentar aos estudantes que a segunda lei da termodinâmica é uma lei que trata sobre entropia em processos irreversíveis e por esse motivo pode ser associada ao estudo das máquinas térmicas.

Ciclos termodinâmicos e noção de rendimento também foram explorados nesse capítulo tendo o ciclo de Carnot recebido a devida atenção.

3.2.2 Tarefas de leitura (TL) e Testes Conceituais (TC)

Para a aplicação do método EsM juntamente com o IpC foram enviadas aos estudantes TL para serem estudadas e respondidas antes da aula como atividade de “aquecimento”. As TL foram disponibilizadas antes dos encontros apresentados no quadro 2, a seguir, junto com um formulário *Google Forms* podendo conter vídeos e questões. O objetivo de utilizarmos esses formulários é a possibilidade de o professor

receber os resultados rapidamente e identificar, caso existam, as principais dificuldades encontradas pelos estudantes na resolução das questões.

O número de questões conceituais prévias variou de acordo com o conceito que desejávamos abordar. Foram inseridas questões com o intuito de estimular os estudantes a expressar as principais dificuldades encontradas nas TL. Foi necessária a inserção de tais perguntas para auxiliar o professor na tarefa de planejar as aulas de forma mais adequada/ajustada aos conhecimentos prévios dos estudantes. As tarefas de leitura estão disponíveis no apêndice A – produto educacional⁶: tarefas de leitura.

Algumas questões foram selecionadas de testes já validados (e.g., SILVEIRA, F., MOREIRA, M.A.1996). Outras foram elaboradas ou retiradas de vestibulares a fim de propiciar discussões em sala de aula e debate entre os estudantes a respeito dos conceitos abordados. A escolha dos TC foi feita visando o conceito trabalhado e a aprendizagem esperada em cada TL. Os testes conceituais são apresentados em apêndice A – produto educacional: testes conceituais.

Quadro 2: Distribuição das diferentes atividades utilizadas de acordo com a aprendizagem esperada

Resultados de Aprendizagem Esperados (Ao final das atividades, espera-se que os estudantes sejam capazes de ...)	Tarefas de Leitura (TL)	Questões das tarefas de leitura	Testes Conceituais (TC)
Reconhecer as condições de existência de calor. Perceber situações de equilíbrio térmico.	TL1	TL 1.1 TL 1.2	TC1.1 TC1.2 TC1.3 TC1.4 TC1.5 TC1.6 TC1.7 TC1.8 TC1.9 TC1.13
Diferenciar processos reversíveis de processos irreversíveis.	TL1	TL1.4	TC1.14 TC1.15 TC1.16
Associar a energia interna de um corpo à soma das energias potenciais e cinética.	TL1	TL 1.3	TC1.10 TC1.11 TC1.12

⁶ As tarefas de leitura encontram-se no apêndice A, página 94.

<p>Relacionar as variáveis de estado (pressão, volume e temperatura – P, V e T) pela lei geral dos gases ideais.</p> <p>Interpretar graficamente a relação entre variáveis de estado.</p> <p>Reconhecer as transformações isométricas, isobáricas e isotérmicas.</p> <p>Interpretar o comportamento matemático das variáveis de estado nas transformações gasosas.</p>	TL2	TL2.1 TL2.3	TC2.1 TC2.2 TC2.3 TC2.4 TC2.5 TC2.6 TC2.7 TC2.8 TC2.9 TC2.10 TC2.11
<p>Compreender a 1^o lei da termodinâmica como uma lei que se refere a conservação de energia.</p> <p>Relacionar as variáveis de processo termodinâmico, calor, trabalho e variação de energia interna (Q, W e ΔU) com as variáveis de estado termodinâmico (P, V e T).</p> <p>Identificar as transformações gasosas (isométrica, isobárica e isotérmica) e avaliar o trabalho realizado em transformações cíclicas.</p>	TL3	TL3.2 TL3.4	TC3.1 TC3.2 TC3.3 TC3.4 TC3.5 TC3.6 TC3.7 TC3.10 TC3.11 TC3.12
<p>Compreender que a energia interna de um gás pode ser alterada devido à realização de trabalho nas transformações adiabáticas.</p>	TL3	TL3.1 TL3.3	TC3.8 TC3.9
<p>Compreender que a segunda lei da termodinâmica é uma lei que trata da entropia em processos irreversíveis e, portanto, se aplica às máquinas térmicas.</p> <p>Compreender o princípio de funcionamento das máquinas térmicas.</p>	TL4	TL4.1 TL4.4	TC4.2 TC4.3 TC4.4 TC4.8 TC4.9
<p>Determinar o rendimento real e teórico (Carnot) de máquinas térmicas e resolver problemas numéricos.</p>	TL4	TL4.2 TL4.3	TC4.5 TC4.6 TC4.7 TC4.1

Aprendizagem esperada com as respectivas tarefas de leitura, questões das TL e testes conceituais utilizadas para aplicação do IpC.

3.2.3 Questionário de avaliação das atividades

Com o objetivo de avaliar a aceitação do trabalho em relação aos métodos utilizados, construímos um questionário com 7 perguntas que foram respondidas sem necessidade de *login* (sem identificação), via formulário eletrônico, que possibilitam

identificar o grau de envolvimento nas atividades em sala de aula ou fora dela e a motivação dos estudantes frente a proposta de ensino. O questionário, enviado para os estudantes responderem via *Google Forms*, se encontra no APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES⁷ e será discutido no capítulo 4 em 4.3 – Discussão da aplicação do produto educacional.

⁷ O apêndice B encontra-se na página 135.

4. APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A turma, composta por 38 estudantes, tinha uma carga horária de 35 períodos semanais sendo divididos em 30 períodos nas 5 manhãs e um turno inverso na tarde de terça-feira. O currículo da escola prevê, em um ano letivo, 17 componentes curriculares pertencentes às áreas de Ciências da Natureza, Ciências Humanas, Ensino Religioso, Matemática e Códigos e Linguagens. A distribuição dos componentes curriculares é feita conforme o quadro 3.

Quadro 3: Distribuição dos componentes curriculares no ano letivo, 2017, ano de aplicação deste trabalho

Ciências da Natureza	Física (04+01lab), Química (04+01lab) e Biologia (03+01lab)
Ciências humanas	História (2), Geografia (2), Sociologia (1), Filosofia (1) e Literatura(1)
Matemática	Matemática (5)
Códigos e linguagens	Língua Portuguesa (3), Inglês (1), Espanhol (1), Artes (1), Educação Física (1) e Produção Textual (1)
Ensino Religioso	Ensino Religioso (1)

Distribuição dos componentes curriculares nas cinco áreas do conhecimento previsto no currículo da Escola. Os números entre parênteses indicam o número de períodos semanais.

Devido à grande quantidade de componentes curriculares e à grande carga horária presencial que constituem o currículo da Escola, os estudantes também realizam atividades extraclasse como cursos de línguas e atividades esportivas. O uso dos métodos ativos de ensino se mostram muito úteis para auxiliar os estudantes na organização do estudo em horários diferentes aos da Escola. O recebimento das

atividades de leitura antes das aulas permitiu que os estudantes otimizassem seu tempo de estudo, uma justificativa recorrente dos professores sobre o baixo rendimento nos componentes curriculares.

4.1 Relato das Atividades

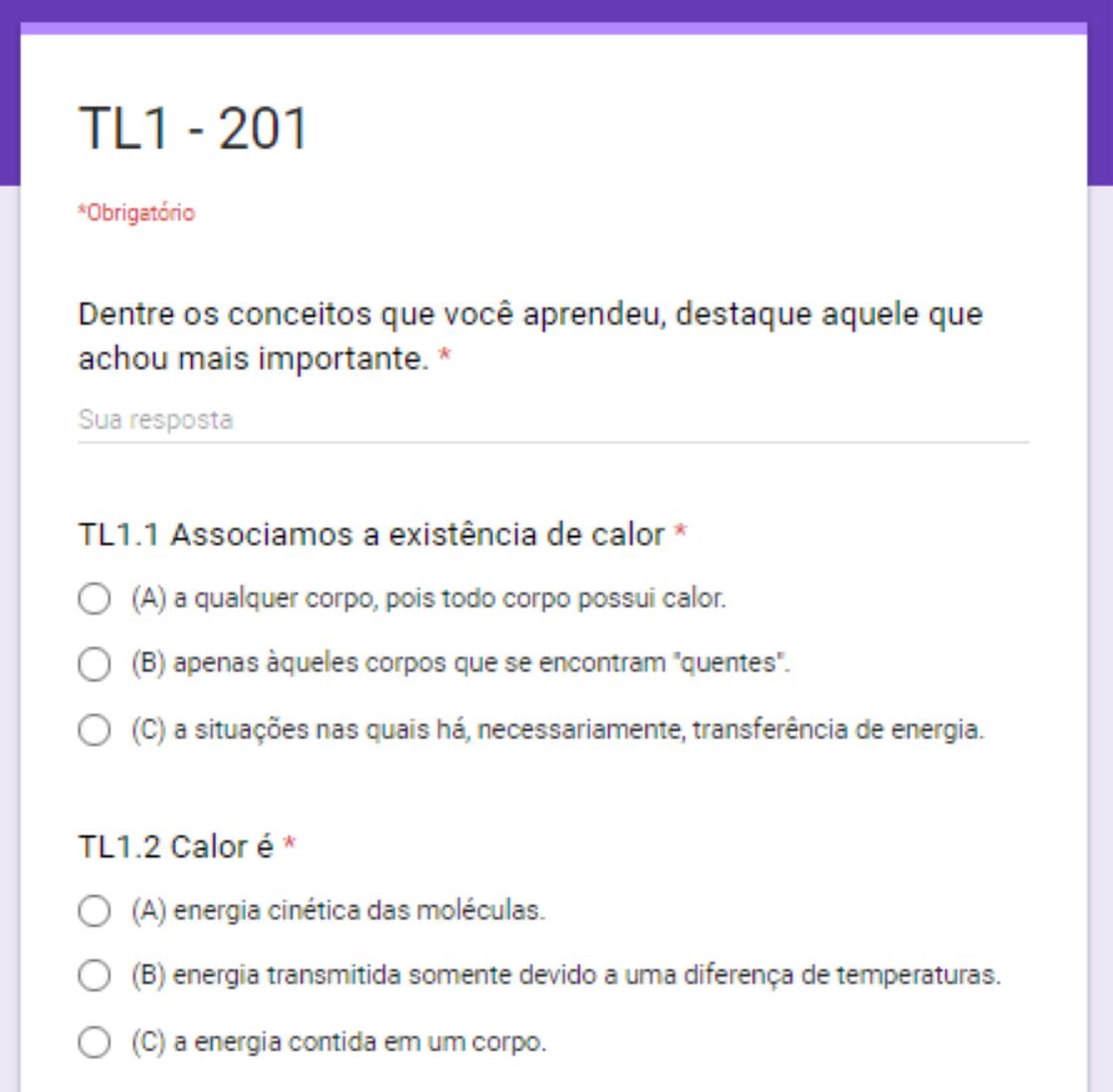
Para a aplicação dos métodos EsM e IpC foi utilizado a plataforma Moodle da Escola e formulários da ferramenta *Google Forms*. Os textos e as tarefas de leitura foram enviados na forma de *Link* na plataforma Moodle. O envio foi feito no mínimo 48h antes das aulas que ocorreram sempre às terças e quartas. O acordo feito com a turma previa que o formulário da tarefa de leitura, formulário do *Google Forms*, fosse respondido até 12h antes da aula. Esse tempo foi necessário para que as respostas das tarefas de leitura fossem analisadas conforme prevê o método EsM.

Os formulários do *Google Forms* permitem que a análise das respostas dos estudantes fosse realizada de maneira rápida e simples, pois o tratamento das perguntas com menos acertos, alternativas mais marcadas bem como categorização das perguntas discursivas são feitas automaticamente pelo *software*. A figura 5 apresenta um desses formulários de pesquisa utilizados nas tarefas de leitura.

Após analisar as tarefas de leitura foi realizado o planejamento da exposição oral, curta, algo em torno de 20min, e que foi realizada em aula antes de iniciar a aplicação do método IpC. O objetivo principal dessa exposição era focar nos principais erros conceituais que as respostas das perguntas das tarefas de leitura apontam. Analisando a TL também foi possível identificar concepções alternativas sobre calor e temperatura. A figura 5 apresenta uma tarefa de leitura em que os estudantes fazem perguntas ou indicam as principais dúvidas encontradas na TL.

As aulas iniciaram como a exposição oral, breve e sempre focada nas respostas da TL, ponto de partida para planejamento. Após, era feita a retomada das perguntas respondidas pelos estudantes explicando-as e respondendo eventuais dúvidas que surgiam durante a resolução. Essa atividade, exposição oral, resolução das questões das TL e debate sobre as dúvidas duravam em torno de 50 min (um período de aula). Essa exposição oral seguida das resoluções das questões conceituais prévias da TL foi feita sempre na terça-feira pois o encontro nesse dia tinha a duração de 110 min.

Figura 6: Formulário de pesquisa da tarefa de leitura (TL)



TL1 - 201

***Obrigatório**

Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante. *

Sua resposta

TL1.1 Associamos a existência de calor *

- (A) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.
- (B) apenas àqueles corpos que se encontram "quentes".
- (C) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.

TL1.2 Calor é *

- (A) energia cinética das moléculas.
- (B) energia transmitida somente devido a uma diferença de temperaturas.
- (C) a energia contida em um corpo.

Formulário do Google Forms, enviado na forma de link via Moodle, como tarefa de leitura 1, TL1. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Além do professor ter acesso às respostas das questões conceituais prévias pode-se visualizar questionamentos e “desabafos” dos estudantes. Também é possível visualizar as respostas dos estudantes individualmente e construir outros tipos de gráficos. No próximo período de aula, iniciava a aplicação do IpC, momento que se tornou o mais esperado pelos estudantes, tanto pela dinâmica da sala de aula, que visivelmente era alterada, quanto pela mudança na postura do professor, que passava a ser exclusivamente de mediador do processo de aprendizagem dos estudantes.

Figura 7: Respostas dos estudantes ao formulário de pesquisa

a explicação de cada transformação com exemplos claros

Transformações dos gases

Isobárico, Isotérmico e Isovolumétrico

depois da leitura compreendi melhor a respeito de movimento molecular e respondeu algumas duvidas que eu ainda tinha

Modelo gás ideal

Leis de charles, Boyle e Gay-Lussac

eu achei que a equação foi a parte mais importante

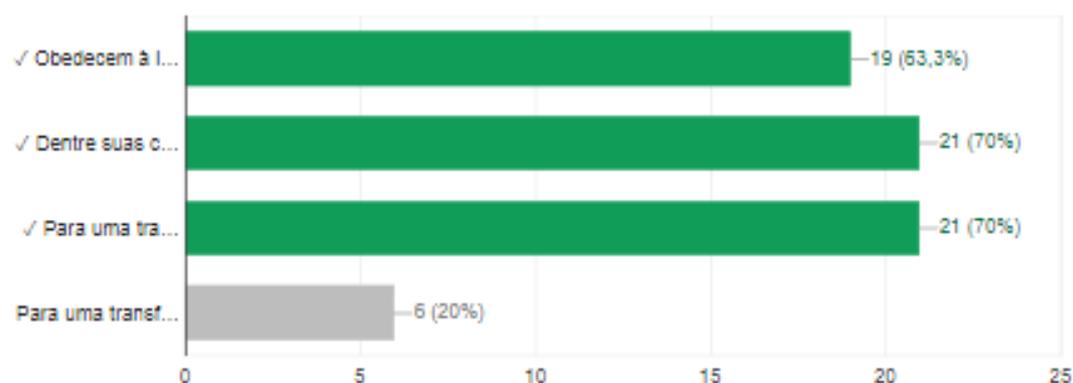
As transformações gasosas

Achei importante, primeiramente, entender as transformações MAS A FORMULA NÃO TA ME AJUDANDO AAAAAH. Eu não sei quais as grandezas e aí eu fico achando 254°C toda hora!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

todas as transformações gasosas

TL1.1 Clique nas afirmações que são corretas. (Uepg 2017) Sobre os gases ideais é correto afirmar que:

11 / 30 respostas corretas



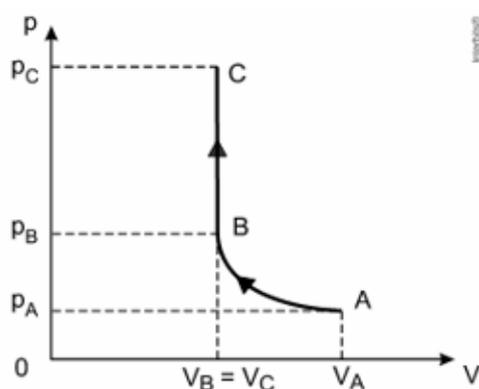
Formulário do Google Forms contendo respostas sobre a tarefa de leitura 2, TL2. Fonte: captura de tela do *Google Forms*

Para isso, era apresentado aos estudantes um teste conceitual. O *link* para as questões dos TC era disponibilizado no Moodle e os estudantes, utilizando um *tablet* fornecido pela escola ou *smartphone* de uso pessoal, conforme escolha do estudante, acessavam o *link* e tinham acesso ao TC. O professor, após explicação da questão,

abria a votação. A instrução dada aos estudantes era a de responder a TC de acordo com os seus conhecimentos sempre pensando em uma justificativa para a escolha da alternativa que o estudante julgar correta. Os TC não continham, preferencialmente, problemas numéricos e admitiam apenas uma resposta correta.

Figura 8: Modelo de teste conceitual

TC2.10 (Fgv 2015) O gráfico ilustra o comportamento das pressões (p), em função dos volumes (V), em duas transformações consecutivas, AB e BC sofridas por certa massa de gás encerrada em um recipiente dotado de êmbolo, como o cilindro de um motor à explosão. Sabe-se que há uma relação entre os volumes ocupados pelo gás na transformação AB ($V_A = 2 V_B$), e também entre as pressões ($p_C = 2.p_B = 4.p_A$).



É correto afirmar que as transformações AB e BC pelas quais o gás passou foram, respectivamente,

- isotérmica e isométrica
- isotérmica e isobárica
- isocórica e isobárica
- isobárica e isométrica

Teste conceitual 4 utilizado na aula 2 (TC2.10) apresentada durante a aplicação do método IpC.

Fonte: Vestibular FGV (2015).

Foi solicitado aos estudantes que, nesse momento de votação, não discutissem a questão com os colegas, tampouco comentassem a alternativa escolhida. O tempo entre apresentar a questão, explicar, abrir e encerrar o processo de votação durou em torno de 10min. Encerrada a votação, era feita a análise das respostas do teste conceitual.

Figura 9: Apresentação dos resultados, após a primeira votação, do TC2.10

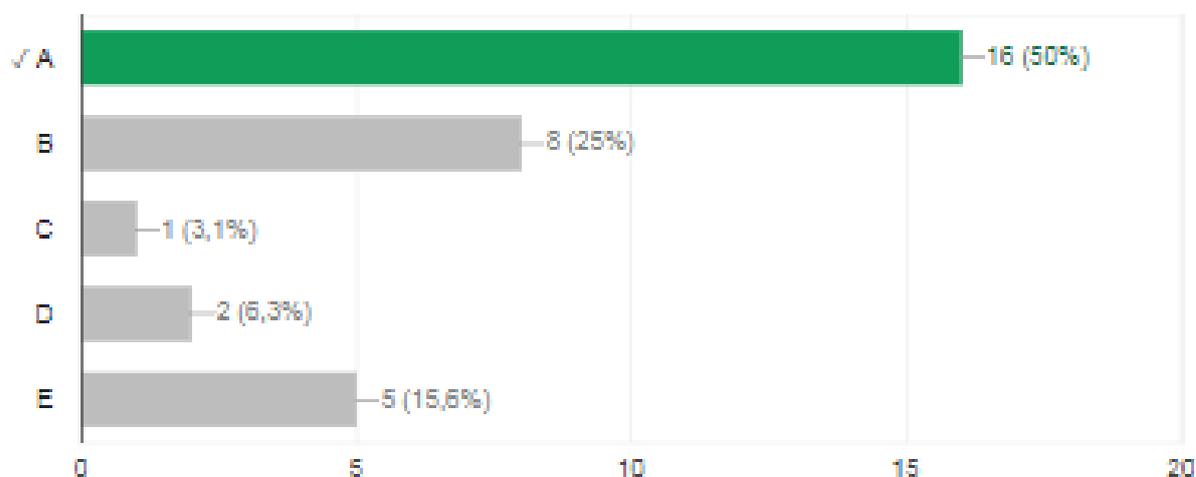


Gráfico de barras informando o percentual de acertos da primeira rodada de votação do TC2.10.

Fonte: captura de tela do Google Forms.

Se o percentual de acertos fosse maior que 70% o TC seria explicado e a resposta correta fornecida. Um novo TC sobre o mesmo assunto é apresentado ou o professor passa para um próximo tópico. Entretanto, quando o percentual de acertos varia entre 30% e 70%, é possível solicitar que os estudantes se reúnam em pequenos grupos para debaterem sobre os TC, tentando explicar e convencer os colegas da alternativa escolhida.

Em turmas numerosas, caso da aplicação desse trabalho, distribuir os estudantes em pequenos grupos com respostas diferentes sendo uma delas correta pode dispendir muito tempo e dificultar o trabalho. Nesse caso, é possível visualizar as respostas individuais em uma planilha eletrônica também disponível no *Google Forms*. O uso da planilha facilita a identificação e a formação dos grupos.

A figura 10 apresenta uma planilha construída para a divisão dos grupos após a primeira rodada de votação da TC2.10.

Analisando a planilha gerada com as respostas dos estudantes é feita a distribuição nos pequenos grupos. Optamos por grupos de até cinco componentes com diferentes respostas. O professor dita os nomes dos estudantes nos grupos que se organizam e iniciam a discussão. Nesse momento, em torno de 5 minutos, o professor circula pelos grupos e motiva a discussão instigando os estudantes a participarem do debate.

Encerrado o debate, é solicitado que os estudantes votem novamente. Nessa segunda votação, os estudantes podem manter a resposta da primeira votação como podem escolher outra alternativa como resposta.

Figura 10: Recorte de planilha gerada pelo Google Forms do TC2.10

Qual o seu número de ch	TC2.10
11	B
29	D
15	A
35	A
17	B
4	E
21	A
3	E
8	A
20	A
13	A
38	E
23	A
30	A
7	B
26	B
12	A
34	B
1	B
25	A
36	A
5	C
22	E
6	A
10	A
32	B
33	A

Planilha eletrônica fornecida pelo Google Forms utilizada para facilitar a distribuição da turma em grupos. A escolha dos grupos é feita com base nas alternativas marcada pelos estudantes, coluna 2. Fonte: captura de tela do Google Forms

A figura 10 apresenta a distribuição de escolhas entre as alternativas após instrução pelos colegas. Nesse exemplo, após aplicação do IpC, todos os estudantes escolheram a alternativa correta, sem que o gabarito fosse entregue aos estudantes. Tendo o percentual de acertos aumentado para mais de 70%, o professor responde à questão indicando a alternativa correta. Fica a critério do professor apresentar outra questão conceitual, aumentar o grau de dificuldade ou passar para outro tópico.

Figura 11: Distribuição das respostas do TC2.10 após a 2ª votação

TC2.4

24 / 24 respostas corretas

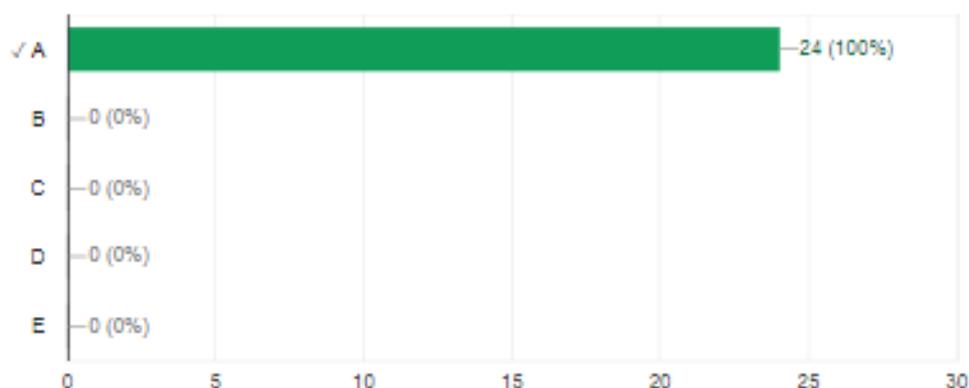


Gráfico informando o percentual de acertos da segunda rodada de votação do TC2.4, 100%.

Fonte: captura de tela do *Google Forms*

4.2 Relato dos encontros

A seguir, serão apresentados os relatos dos 8 encontros da aplicação deste trabalho.

4.2.1 Relato do primeiro encontro

O primeiro encontro ocorreu no dia 24/10/2017, terça-feira. Esse encontro de 110 minutos, foi dividido em dois momentos. No primeiro, foi feita uma exposição oral breve, em torno de 20 minutos, com auxílio de apresentação de slides. O objetivo dessa exposição oral foi dialogar com a turma sobre as confusões que podem surgir quando tentamos compreender os conceitos de calor, temperatura e energia. As questões conceituais que constavam na tarefa de leitura 1 foram discutidas sendo fornecidas as respostas corretas.

No segundo momento os estudantes receberam *tablets* para, através do Moodle, acessar os *links* contendo os testes conceituais para a aplicação do IpC. Foram respondidos 8 testes conceituais envolvendo assuntos relacionados ao calor e sua condição de existência e situações de equilíbrio térmico. Em todas as votações envolvendo esses tópicos o percentual de acertos foi acima de 70 % não necessitando

que a turma fosse dividida em grupos para que os estudantes pudessem debater sobre os TC. Os TC são apresentados no APÊNDICE C.

No último teste conceitual desse encontro, TC1.9, optamos por verificar o percentual de acertos quando o assunto envolvia energia interna. O resultado da primeira votação foi de 46%, conforme a figura 11.

Figura 12: Resultados após a primeira votação do TC1.9

A água (a 0 °C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0 °C), contém, em relação ao gelo

13 / 31 respostas corretas

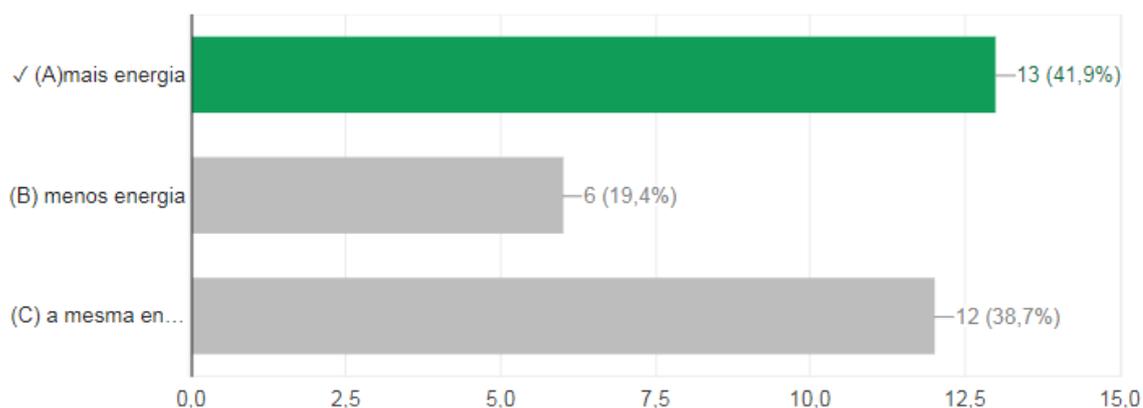


Gráfico informando o percentual de acertos da primeira rodada de votação do TC1.9, 41,9%. Nesses TC da aula 1 não foi colocado uma pergunta referente ao grau de confiança em relação à resposta dada. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Após a distribuição em pequenos grupos promovendo o debate, o percentual de acertos foi 78,1%, ver figura 12.

Figura 13: Resultados após a segunda votação do TC1.9

A água (a 0 °C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0 °C), contém, em relação ao gelo

25 / 32 respostas corretas

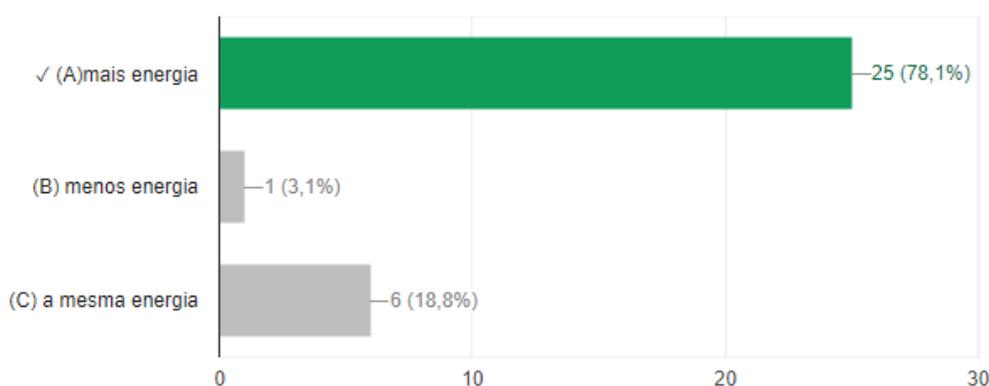


Gráfico informando o percentual de acertos da segunda rodada de votação do TC1.9, 78,1%. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

As respostas fornecidas no TC1.9 mostraram a necessidade de utilizarmos mais testes no próximo encontro visando a aprendizagem significativa desse conceito.

4.2.2 Relato do segundo encontro

O segundo encontro correspondendo a 50 min de aula ocorreu no dia 25/10. Nesse período, foi feita uma breve exposição oral sobre energia, calor e energia interna utilizando a projeção de slides. O objetivo principal dessa apresentação oral foi retomar os conceitos de energia interna e calor de acordo com as dúvidas que surgiram na tarefa de leitura 1 e foram expostas pelos estudantes. Após, o método IpC foi utilizado até o final da aula por meio dos testes conceituais TC1.10, TC1.11 e TC1.12, com acesso pelo moodle para visualizar os links. O primeiro teste apresentou percentual de acertos acima de 70% na primeira votação. Os resultados para as duas votações do teste conceitual 11 são apresentados a seguir, figuras 14 e 15.

Figura 14: Resultados após a 1ª votação do TC1.11

Complete a seguinte frase "O aumento de temperatura que você percebe quando esfrega suas mãos é resultado de _____ .
Conseqüentemente há condução de _____ para o interior das mãos, resultando, em função disso, um aumento de _____ .

30 respostas

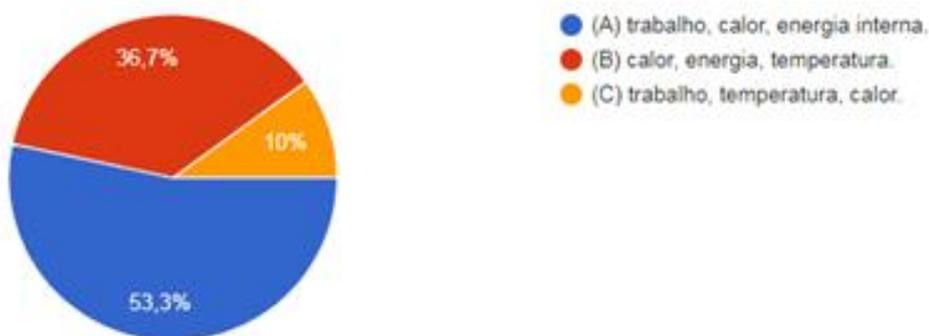


Gráfico informando o percentual de acertos da primeira rodada de votação do TC1.11, 53,3%. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Devido ao resultado, abaixo de 70%, ver figura 14, sem os estudantes conhecerem o percentual de acertos ou a resposta correta, a turma foi separada em pequenos grupos para que pudessem discutir e argumentar sobre a primeira votação. Após alguns minutos de discussão entre os pares, a turma foi convidada a realizar a segunda votação.

Consideramos satisfatório o aumento de acertos e a diminuição quase total dos respondentes que pensam na condução de temperatura como algo possível.

Realizada a análise dos resultados da segunda votação, explicamos a questão para os estudantes indicando a resposta correta. Ainda explorando os conceitos de energia interna, calor e temperatura, lançamos para a turma outro teste conceitual, TC 1.12 apresentado a seguir.

TC1.12 Estando à pressão atmosférica, nitrogênio líquido entra em ebulição a -196°C . Um grama de nitrogênio líquido, a essa temperatura, comparado com um grama de vapor de nitrogênio, também a -196°C , possui

- (A) mais energia
- (B) menos energia
- (C) a mesma energia

Fonte: Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira (IF-UFRGS)

Figura 15: Resultados após a segunda votação do TC1.11

Complete a seguinte frase "O aumento de temperatura que você percebe quando esfrega suas mãos é resultado de _____ .
Conseqüentemente há condução de _____ para o interior das mãos, resultando, em função disso, um aumento de _____ .

32 respostas

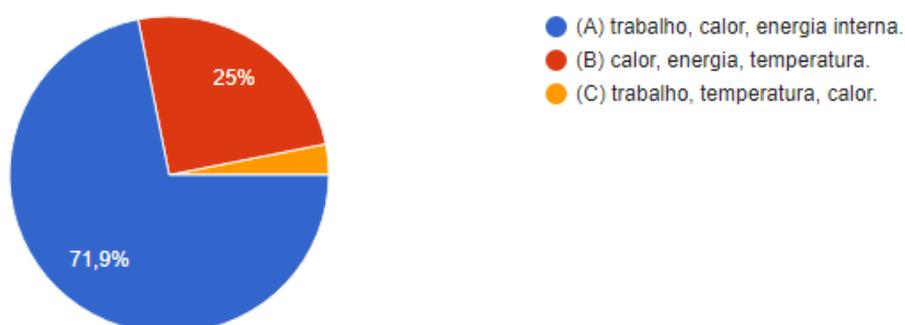


Gráfico informando o percentual de acertos da segunda rodada de votação do TC1.11, 71,9%. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Figura 16: Resultados da 1ª votação do TC1.12

TC1.12 Estando à pressão atmosférica, nitrogênio líquido entra em ebulição a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Um grama de nitrogênio líquido, a essa temperatura, comparado com

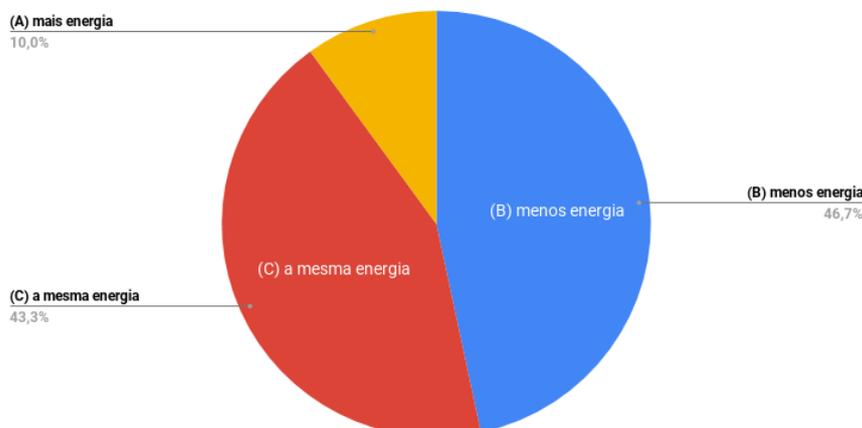


Gráfico informando o percentual de acertos da primeira rodada de votação do TC1.12, 46,7%. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

É possível, de acordo com esses resultados, que os estudantes ainda não compreendem a mudança na energia interna quando há mudança de estado físico. Seguindo o que é sugerido quando da aplicação do método Instrução pelos Colegas (IpC), a turma foi novamente dividida em pequenos grupos para novo debate e nova votação conforme figura 16.

Figura 17: Resultados da 2ª votação do TC1.12

TC1.12 Estando à pressão atmosférica, nitrogênio líquido entra em ebulição a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Um grama de nitrogênio líquido, a essa temperatura, comparado com um grama de vapor de nitrogênio, também a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, possui

33 respostas

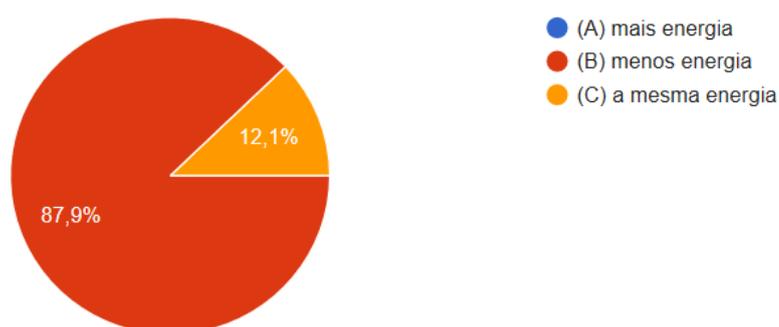


Gráfico informando o percentual de acertos da segunda rodada de votação do TC1.12, 87,9%. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Após análise a questão foi explicada e a resposta correta foi indicada para a turma.

4.2.3 Relato do terceiro encontro

O terceiro encontro ocorreu no dia 31/10/2017. Esta foi planejada com base nas respostas dos estudantes à tarefa de leitura 2, TL2. A seguir, algumas perguntas e respostas dos estudantes para a TL2.

Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa?

“Equação de Clapeyron e suas funções/ utilizações e alguns termos como Isocórica.”

“O material está muito bom e de fácil entendimento, mais acessível que o anterior porém a parte dos gráficos da Equação de Clapeyron eu achei confusa.”

“Achei mais confusa a lei de Clapeyron e a lei geral dos gases perfeitos, pois possuem formulas mais complexas do que o resto.”

“Creio que a parte mais confusa seja relacionar e determinar os conceitos das transformações gasosas com seus gráficos, pontuando especificamente quando há mais de uma transformação no mesmo gráfico.”

Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante.

“Acredito que toda a parte da introdução sobre o gás ideal é essencial. Além disso, é fundamental o conhecimento acerca dos conceitos de Isovolumétrica, Isobárica e Isotérmica. Ressaltando, ainda, cada equação, incluindo a de Clapeyron e a Lei Geral dos Gases Perfeitos. ”

“Gás ideal e lei geral dos gases perfeitos e a explicação de cada transformação com exemplos claros. ”

“Depois da leitura compreendi melhor a respeito de movimento molecular e respondeu algumas dúvidas que eu ainda tinha. ”

“Achei importante, primeiramente, entender as transformações, MAS A FORMULA NÃO TA ME AJUDANDO AAAAAH. Eu não sei quais as grandezas e aí eu fico achando 254°C toda hora! ”

“Lei geral dos gases perfeitos. ”

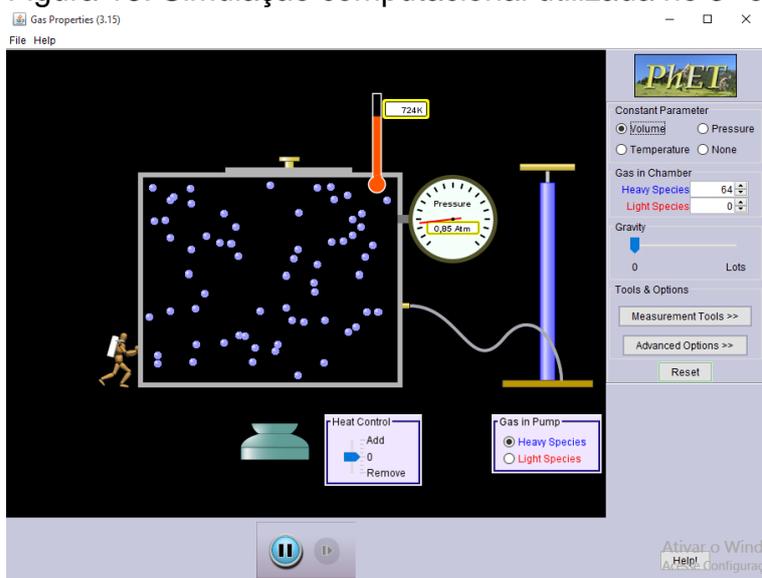
“O modelo do gás ideal e os tipos de transformação existentes nas transformações gasosas.”

Nessa aula, de 110 minutos de duração, foi feita uma breve exposição oral sobre gases ideais, variáveis de estado e transformações gasosas. De acordo com as dúvidas apresentadas pelos estudantes, tanto nos relatos quanto nas respostas, optamos por utilizar uma simulação computacional, figura 17, para alterarmos os valores de pressão, volume e temperatura buscando encontrar as relações de proporcionalidade expressadas na equação da lei geral dos gases.

Após ser feita a discussão das respostas da TL2 iniciamos a aplicação do IpC apresentando os testes conceituais TC2.1, TC2.2, TC2.3 e TC2.4.

Os dois primeiros testes, TC2.1 e TC2.2 apresentaram resultados considerados satisfatórios já na primeira rodada de votação, 96,8% e 81,3% respectivamente.

Figura 18: Simulação computacional utilizada no 3º encontro



Captura de tela da simulação educacional utilizada no 3º encontro e disponível em <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/gas-properties>

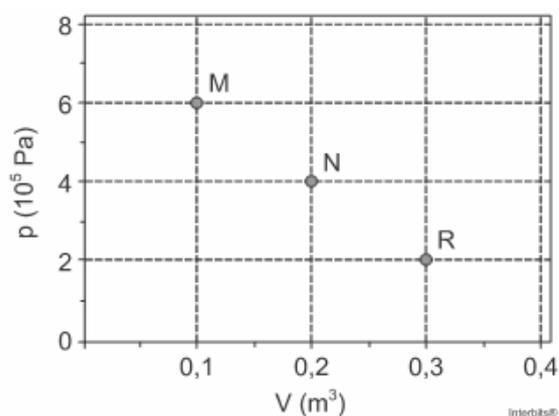
Na primeira rodada de votação do teste conceitual TC2.3 tem como objetivo verificar se os estudantes conseguem relacionar as variáveis de estado termodinâmico através de um gráfico $P \times V$ e apresentou resultado que permitiu o debate nos pequenos grupos.

Uma hipótese para o baixo percentual de acerto do TC2.3, 28,1%, reside na dificuldade que os estudantes historicamente apresentam em relacionar as variáveis de estado termodinâmico através da lei geral dos gases.

Pelo baixo número de acertos, conforme sugere o método IpC, o conceito foi retomado e a lei geral dos gases foi novamente explorada sendo, desta vez, discutida a relação de dependência entre as suas variáveis. Após, foi solicitada nova votação. Os resultados são apresentados na figura 21.

Figura 19: Terceiro teste conceitual sobre os conceitos referentes ao capítulo 2 TC2.3.

TC2.3 - (UFRGS 2015) A figura abaixo apresenta um diagrama Pressão \times Volume. Nele, os pontos M, N e R representam três estados de uma mesma amostra de gás ideal.



Assinale a alternativa que indica corretamente a relação entre as temperaturas absolutas T_M , T_N e T_R dos respectivos estados M, N e R.

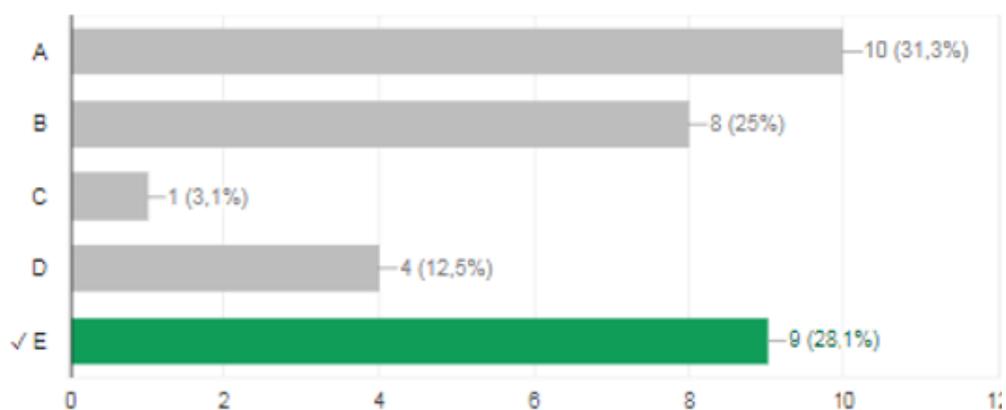
- a) $T_R < T_M > T_N$.
- b) $T_R > T_M > T_N$.
- c) $T_R = T_M > T_N$.
- d) $T_R < T_M < T_N$.
- e) $T_R = T_M < T_N$.

Teste conceitual, TC2.3. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Figura 20: Resultado da primeira votação do TC2.3

TC2.3

9 / 32 respostas corretas

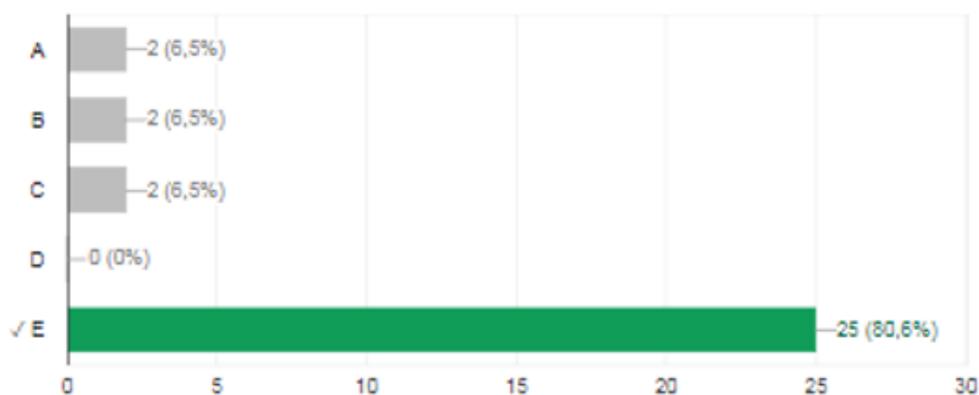


Resultado da primeira votação do TC2.3. Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Figura 21: Resultado da segunda votação do TC2.3.

TC2.3

25 / 31 respostas corretas



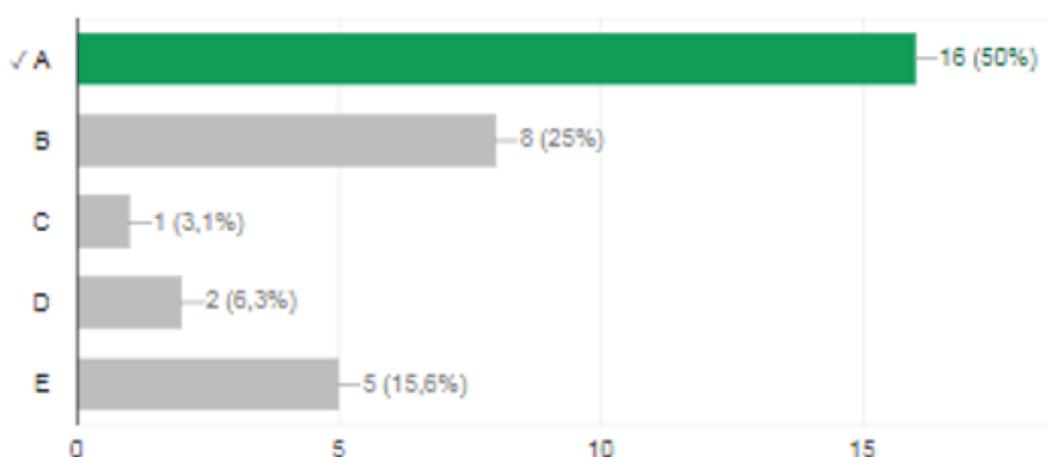
Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

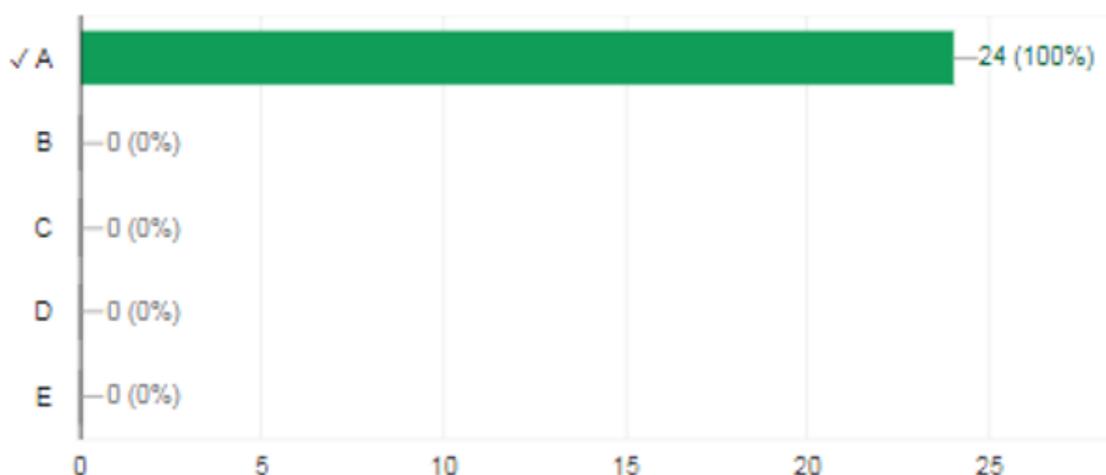
Verifica-se, assim, um aumento significativo nas respostas corretas quando os estudantes discutem a questão.

Após os resultados dos três primeiros testes conceituais, optamos por colocar o TC2.3 como TC2.9 no produto educacional, uma vez que julgamos necessário testes de menor grau de dificuldade antes do TC2.3.

No teste conceitual TC2.4 o método de instrução pelos colegas mais uma vez se mostrou eficiente. Na primeira votação 50% da turma respondeu corretamente alternativa [A], após o debate nos pequenos grupos todos os respondentes escolheram a alternativa correta, conforme pode ser avaliado na figura 21.

Figura 22: Resultado das duas votações do TC2.4





No gráfico de barras acima é possível perceber a evolução das respostas dos estudantes após o debate entre os colegas nos pequenos grupos

Esse teste conceitual encerrou o terceiro encontro sobre o capítulo 2.

4.2.4 Relato do quarto encontro

O quarto encontro ocorreu no dia 01/10/2017 e teve a duração de 50 minutos, sendo que foram explorados, em 3 testes conceituais, TC2.5, TC2.6 e TC2.7, a capacidade de os estudantes reconhecerem o tipo de transformação gasosa envolvida em diversas situações, além de verificar se os estudantes são capazes de relacionar matematicamente as variáveis de estado na lei geral dos gases. Não foi feita apresentação oral no início da aula por se tratar de um encontro que complementava o anterior.

O resultado do primeiro teste conceitual, TC2.5 – ver figura 23, foi acima de 70% e segundo o método IpC é aconselhável explicar a questão fornecendo a resposta aos estudantes.

Figura 23: Teste conceitual 5 referente aos conceitos abordados no capítulo 2

TC2.5 - (PUCRJ 2017) Uma certa quantidade de gás ideal ocupa inicialmente um volume V_0 com pressão P_0 .

Se sobre esse gás se realiza um processo isotérmico dobrando sua pressão para $2 P_0$. qual será o volume final do gás?

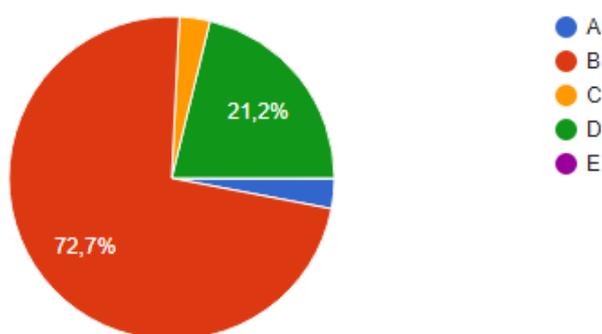
- a) $V_0/3$
- b) $V_0/2$
- c) V_0
- d) $2 V_0$
- e) $3 V_0$

Fonte: captura de tela do *Google Forms*.

Figura 24: Resultado da votação do TC2.5

TC2.5

33 respostas



Distribuição das respostas do TC2.5. Fonte: captura de tela do *Google Forms*

Por esse resultado, não foi necessária uma segunda rodada de votação pois o percentual de acertos foi de 72,7%

O segundo teste conceitual apresentado aos estudantes teve, após a primeira votação, resultado próximo de 70%. Entretanto, optamos por distribuir a turma em grupos pois julgamos no momento que o debate era válido. Após o debate, todos os estudantes responderam corretamente.

Figura 25: Teste conceitual, TC2.6.

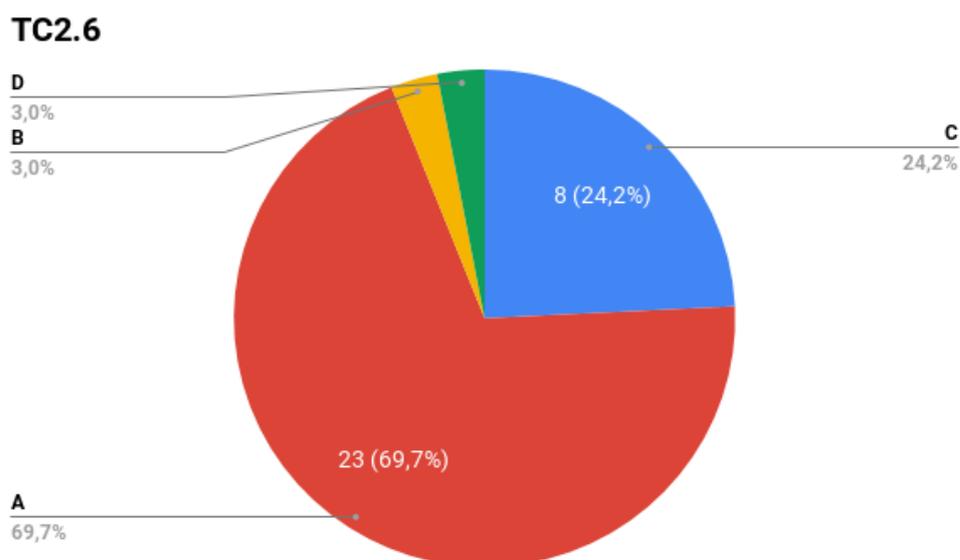
TC2.6 - (G1 - ifsul 2017) Um balão de borracha, está completamente cheio com um litro de ar, a pressão de uma atmosfera e na temperatura de 300 K. Nessas condições, o balão é colocado dentro de um refrigerador criogênico à temperatura de 100 K e a borracha permanece flexível enquanto esfria.

Com base nas informações acima, o volume do balão

- a) diminui para $\frac{1}{3}$ L.
- b) aumenta para $\frac{1}{\sqrt{3}}$ L.
- c) fica constante.
- d) aumenta para $\sqrt{3}$ L.

Teste conceitual envolvendo uma transformação isobárica apresentado aos estudantes sobre os conceitos envolvidos no capítulo 2 do material de apoio, TC2.6

Figura 26: Resultado da primeira votação do TC2.6



Distribuição das respostas dos estudantes ao TC2.6. A segunda votação obteve 100% de acertos.

Fonte: Captura de tela do *google forms*.

No teste conceitual 7, o percentual de acertos foi maior que 70% na primeira rodada de votação encerrando a abordagem conceitual sobre o capítulo 2. No produto educacional foram propostos mais cinco testes conceituais caso o professor julgue necessário reforçar os conceitos desse tópico.

4.2.5 Relato do Quinto Encontro

No quinto encontro tivemos a disposição 110 min para abordar os conceitos. Iniciamos a aula com uma apresentação oral sobre a 1ª lei da termodinâmica com duração de 30 minutos. O tempo de exposição foi maior devido as respostas dos estudantes na TL3 provocarem bastante discussão sobre os conceitos envolvidos.

A seguir, algumas perguntas e respostas dos estudantes no formulário da TL3.

Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa?

“As formulas não ficaram muito claras para mim. Acho melhor escrever o que é antes de colocar incógnitas. ”

“As transformações cíclicas. ”

“A explicação no texto está ótima, o problema não é de acordo com a clareza. Como nas transformações gasosas cada uma funciona de uma maneira e tem suas próprias características (somando com termos que não conhecia), para mim acaba ficando confuso. ”

“No geral achei de fácil compreensão, porém a parte de variação de energia interna e variação de temperatura se torna confuso por serem parecidas. ”

Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante.

“Que as variações da energia interna correspondem às parcelas de energia potencial, que as variações do gás ideal dependem do calor, energia interna e temperatura. “

“Acredito que todos os conteúdos foram essenciais para o bom entendimento acerca da matéria, principalmente a retomada quanto às transformações isovolumétrica, isobárica e isotérmica e às variáveis de processo. E, principalmente, a introdução sobre transformação adiabática e cíclica. “

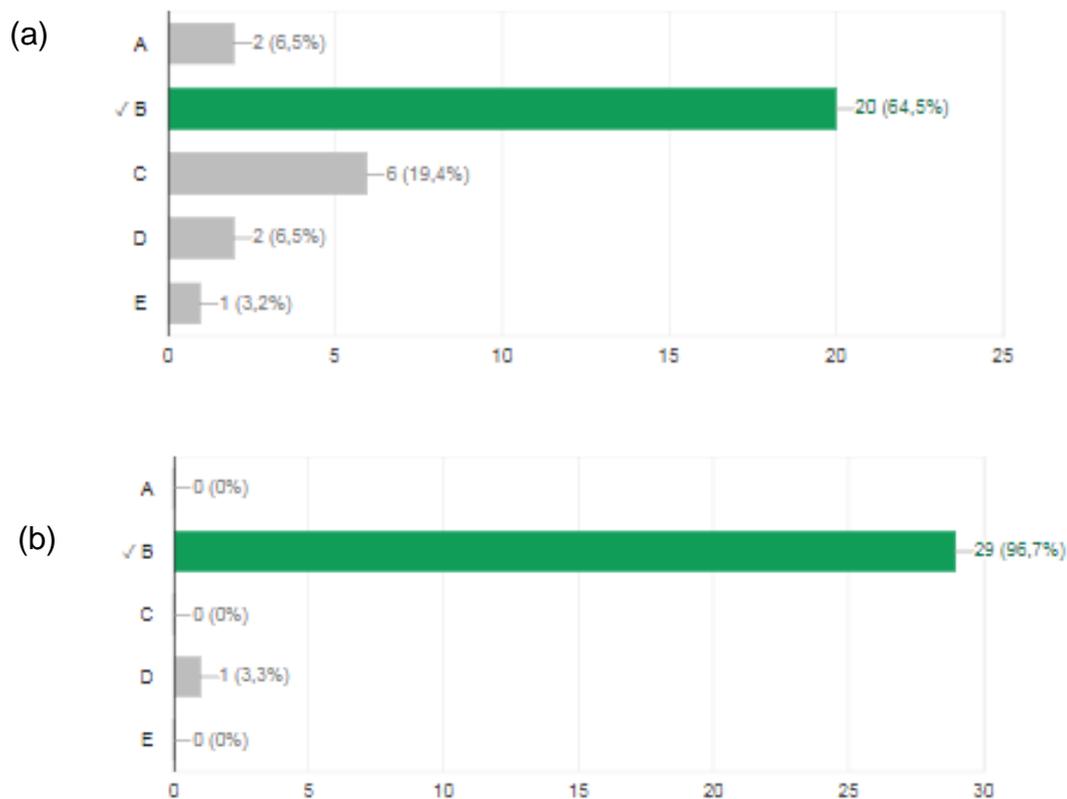
“O texto fala da primeira lei da termodinâmica, que por si já é muito importante e relaciona com as 5 transformações gasosas (isovolumétrica, isotérmica, adiabática, Isobárica e as cíclicas), que carregam também bastante importância. “

“É importante saber o essencial de todas as transformações (adiabática, isovolumétrica, isotérmica, isobárica) para acertar as questões sobre esse assunto. “

O foco desse encontro foi construir corretamente o conceito de conservação de energia associado às transformações termodinâmicas, em cenários ideais, e as alterações que as variáveis de estado podem sofrer a cada transformação em que uma ou mais variáveis de processo sofre alteração.

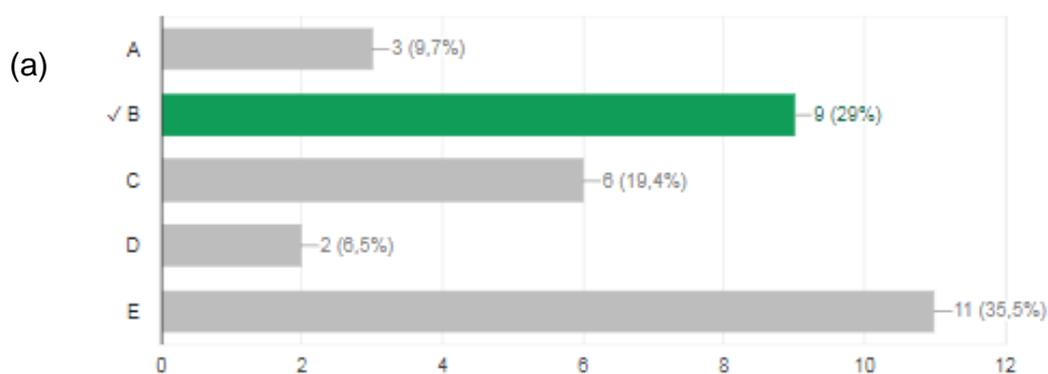
Após a exposição oral foram apresentados os testes conceituais TC3.1 a TC3.4. A seguir, são apresentados os resultados.

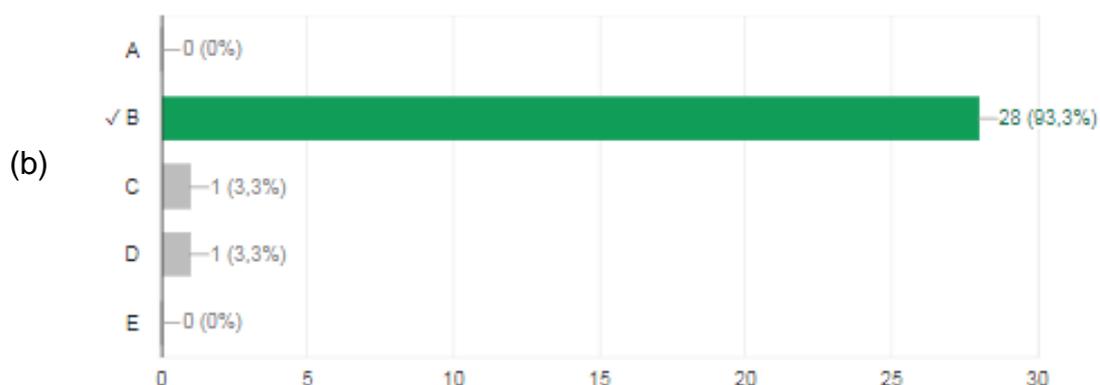
Figura 27: Distribuição das respostas do TC3.1



No gráfico de barras (a) é apresentada a distribuição das respostas na primeira rodada de votação do TC3.1. No gráfico (b) a distribuição das respostas após o debate nos pequenos grupos.

Figura 28: Distribuição das respostas do TC3.2

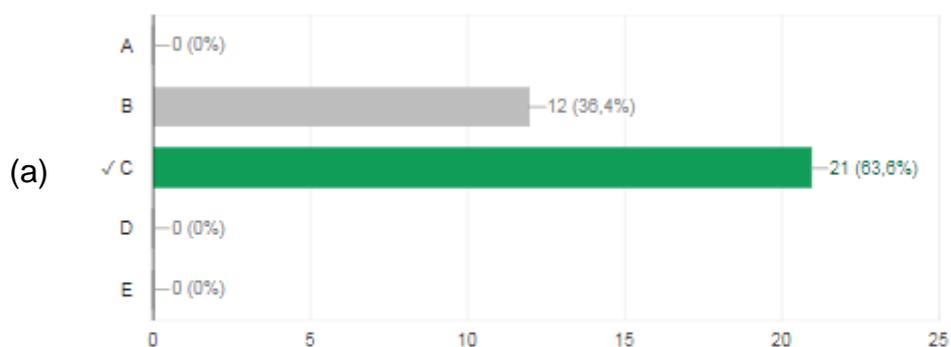


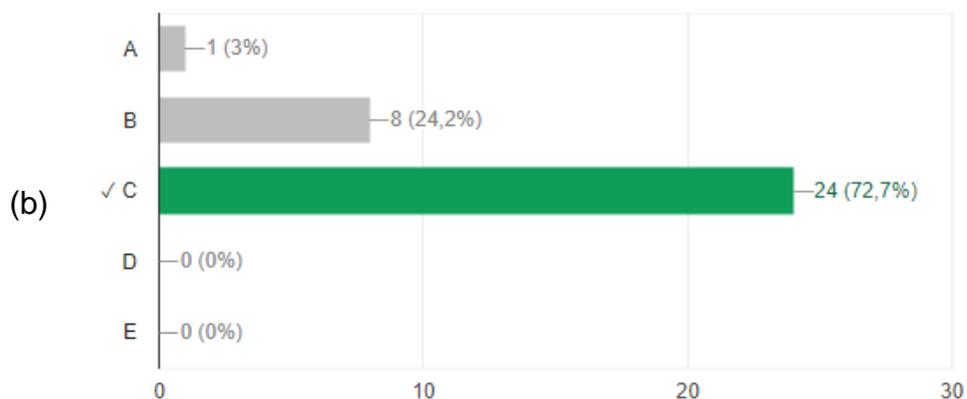


No gráfico de barras (a) é apresentado a distribuição das respostas na primeira rodada de votação do TC3.2. No gráfico (b) a distribuição das respostas após o debate nos pequenos grupos.

O terceiro teste conceitual apresentado aos estudantes nesse encontro, TC3.3 apresentou, na primeira rodada de votação percentual de acertos superior a 70% não sendo necessária a divisão dos estudantes em grupos para que fosse feito o debate sobre as respostas escolhidas. Portanto, foi fornecida a resposta e a questão explicada.

Figura 24 – Distribuição das respostas do TC3.4





No gráfico de barras (a) é apresentado a distribuição das respostas na primeira rodada de votação do TC3.3. No gráfico (b) a distribuição das respostas após o debate nos pequenos grupos.

4.2.6 Relato do sexto encontro⁸

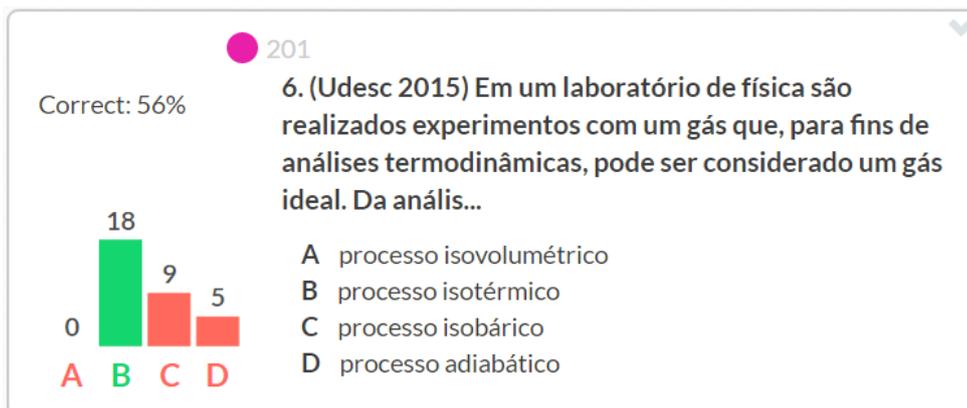
O sexto encontro ocorreu no dia 08/11/2017 e teve duração de 50 minutos. O objetivo foi dar sequência aos conceitos abordados na TL3 através de testes conceituais. Foram utilizados os testes conceituais TC3.5 a TC3.8.

No primeiro teste conceitual TC3.5, o percentual de acertos na primeira votação ultrapassou os 70%. Decidimos explicar a questão fornecendo a resposta correta. Foi proposto um novo teste TC3.6. Os resultados são apresentados a seguir.

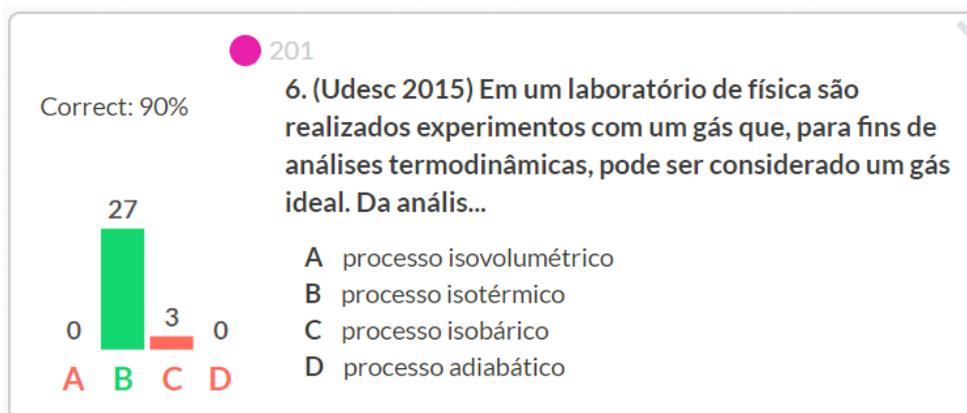
Figura 29: Resultados da primeira e da segunda votação do TC3.6

⁸ A partir desse encontro, os resultados dos testes conceituais passaram a ser analisados e avaliados utilizando o aplicativo de celular *Plickers*. O TC é projetado na lousa e os estudantes votam levantando um QRCODE na altura da cabeça com 4 possíveis posições, conforme explicado no capítulo 2.

(a)



(b)



No gráfico de barras (a) é apresentada a distribuição das respostas na primeira rodada de votação do TC3.6. No gráfico (b) a distribuição das respostas após o debate nos pequenos grupos. Fonte: Captura de tela do *Plickers*.

Os resultados do teste conceitual TC3.6, sugerem que ele pode ser muito útil para a aprendizagem dos estudantes quando debatendo com os pares. Por isso que após a análise dos resultados esse teste foi colocado no produto educacional como TC3.3. No decorrer da aula foram apresentados aos estudantes os testes conceituais TC3.7 e TC3.8 sem a necessidade de debate pois os percentuais de acertos atingiram mais de 70% na primeira votação.

4.2.7 Relato do sétimo encontro

O sétimo encontro ocorreu dia 14/11/2017 e teve duração de 110 minutos e foi planejamento com base nas respostas dos estudantes para a tarefa de leitura 4 onde os conceitos envolvidos na segunda lei da termodinâmica foram abordados.

A seguir, algumas perguntas e respostas dos estudantes no formulário da TL3.

Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa?

“Acho que a parte mais confusa foi entender as funções isobáricas, isotérmicas e isovolumétrica, ainda tenho dificuldade de olhar para os gráficos e identificar quais são.”

“Ciclo de Carnot.”

“O rendimento de uma máquina térmica e a relação do gráfico com os tipos de sistemas e o funcionamento do ciclo de Carnot.”

“O rendimento de uma máquina térmica.”

Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante.

“A parte dos gases ideais e os cálculos sobre isso.”

“Entropia (ordem e desordem), energia cinética e potencial dos gases, estudo dos gráficos e a forma de leitura dos mesmos (como relacioná-los a teoria) e Ciclo de Carnot (a forma como a máquina ideal nunca atingirá 100% de rendimento).”

“A questão de nenhuma máquina atingir 100% de rendimento.”

“Para mim, o mais importante foi o das transformações adiabáticas.”

“A entropia é uma energia que sempre aumenta, nunca diminui. É impossível que uma transformação cujo único resultado final seja transformar em trabalho a energia interna de uma fonte que esteja a mesma temperatura. E que as máquinas térmicas ideais (ciclo de Carnot) não violem a 2ª lei da termodinâmica, ou seja, não possuem rendimento de 100%.”

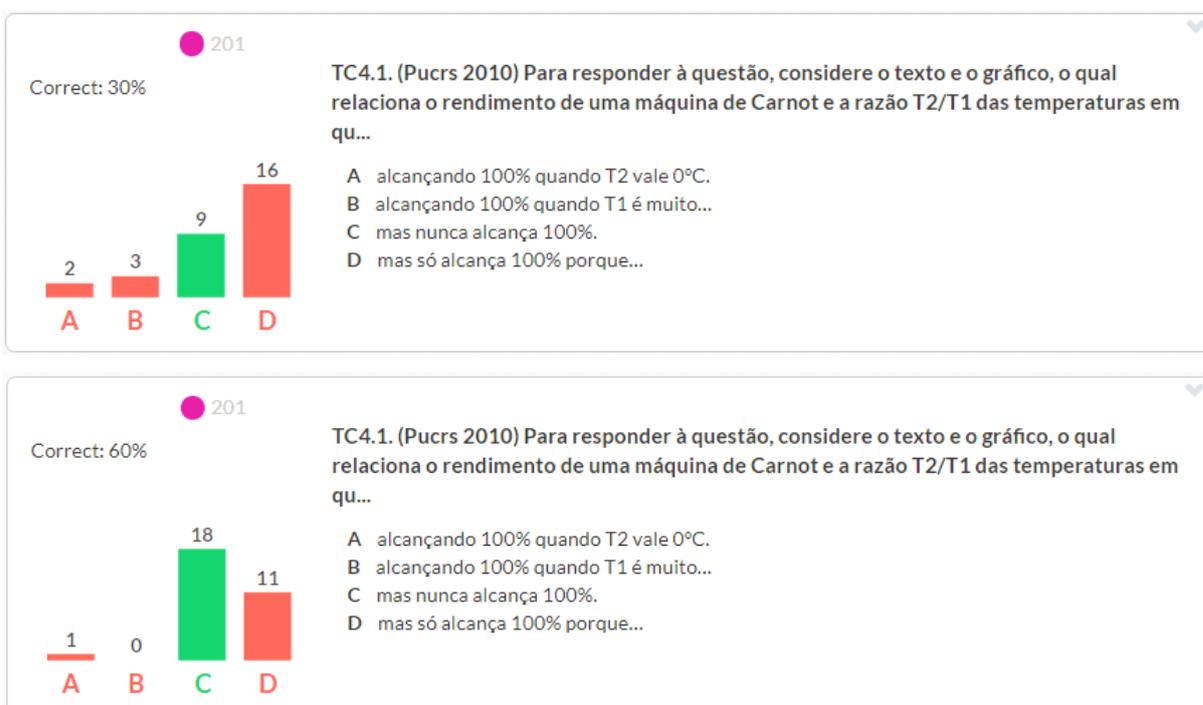
“Achei interessante tudo do trimestre que envolve pressão temperatura e volume porque enquanto fazia alguns exercícios eu parava para pensar em como são as coisas do dia a dia que se aplicam a esses três conceitos, achava mais divertido aprender sobre um conteúdo que conhecimentos práticos nossos possam ajudar nos teóricos”.

“Ciclo de Carnot, pois já havia procurado antes sobre porém só encontrei explicações complicadas e extensas, com o texto colocado na tarefa de leitura 4 achei muito mais simples de entender.”

A aula iniciou com uma exposição oral em torno de 15 minutos abordando os conceitos sobre a segunda lei e nas principais dúvidas dos estudantes. As questões propostas na tarefa de leitura foram explicadas e fornecidas as respostas corretas.

A seguir foi apresentado o primeiro teste conceitual, TC4.1. Na primeira votação o percentual de acertos ficou abaixo de 70%, portanto, a turma foi dividida em pequenos grupos para discussão. Após o debate foi realizada nova votação. Os resultados são apresentados na figura 29.

Figura 30: Resultado das votações para o TC4.1



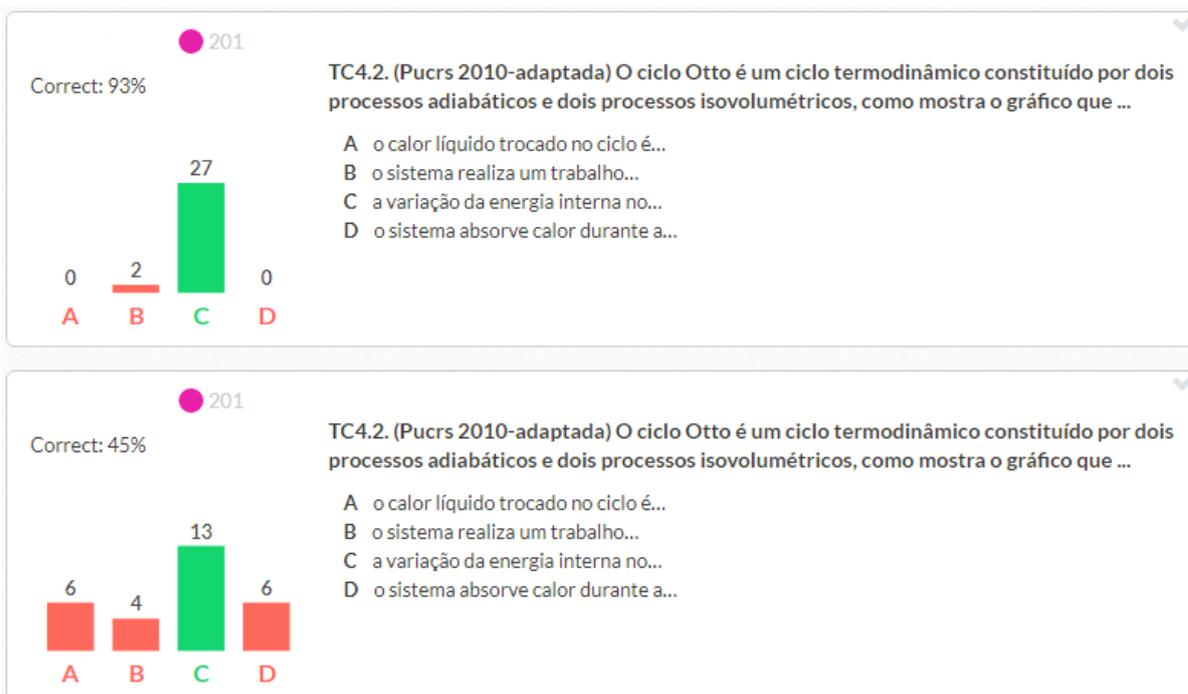
Na primeira votação, percentual de acertos de 30%. Após discussão entre os pares o percentual de acertos duplicou, 60 %. Após terceira votação o percentual de acertos ficou próximo de 100%. Fonte: Captura de tela do *Plickers*.

Durante o processo de instrução pelos colegas, aplicação do IpC, percebemos a necessidade de colocarmos quatro testes conceituais, com conceitos de menor grau de complexidade. Na elaboração do produto educacional o TC4.1 foi colocado como TC4.5.

Na votação do TC4.2 a turma foi separada em pequenos grupos. Os resultados são apresentados na figura 30.

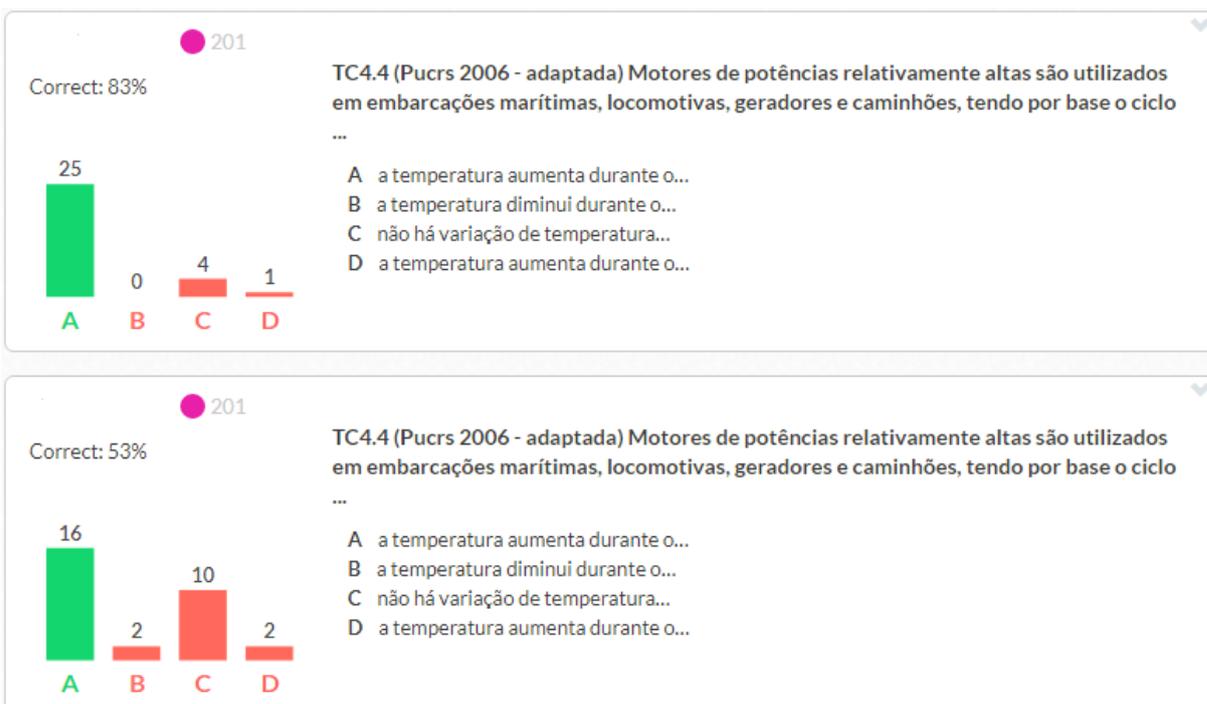
Na sequência da aula, foi apresentado para os estudantes o TC4.3 que apresentou percentual de acertos satisfatório na primeira votação. Para o TC4.4 foram necessárias duas votações encerrando o sétimo encontro.

Figura 31: Distribuição das respostas antes e após instrução pelos colegas



Teste conceitual, TC4.2 sobre o ciclo de Carnot. Na primeira votação o percentual de acertos foi de 45%. Após o debate pelos estudantes o percentual de acertos foi 93%. Fonte: Captura de tela do *Plickers*.

Figura 32: Distribuição das respostas do TC4.4



Percentual de acertos para a primeira e segunda votação do TC4.4. Fonte: Captura de tela do *Plickers*.

4.2.8 Relato do oitavo encontro

No oitavo e último encontro que ocorreu dia 20/11/2017 não foi feita exposição oral. A aula iniciou com a apresentação de três testes conceituais, TC4.5, TC4.6 e TC4.7. Apenas o teste TC4.6 necessitou de 2 votações e discussão pelos colegas. Os demais atingiram 70% de acertos já na primeira rodada de votação sendo apresentada a resposta e a questão explicada.

A seguir são apresentados os resultados das duas votações do TC4.6.

Figura 33: Distribuição das respostas antes e após o debate entre os estudantes



Primeira votação com 59% de acertos. Na segunda, após os estudantes argumentarem sobre as respostas todos acertaram. Fonte: Captura de tela do *Plickers*.

4.3 Análise e discussão da aplicação do produto

O uso dos métodos ativos de ensino EsM e IpC utilizados no estudo da termodinâmica, segundo a grande maioria dos estudantes, foram diferenciais que auxiliaram na aprendizagem dos conceitos propostos por organizar o estudo extraclasse através das TL e ainda tornar a aula mais envolvente e dinâmica. A seguir, são apresentados alguns relatos que evidenciam essas impressões e que fazem parte das respostas dos estudantes ao questionário de avaliação das atividades, enviado via Moodle, logo após o oitavo encontro. Escolhemos 5 respostas consideradas mais relevantes em relação aos objetivos do trabalho para cada pergunta. O questionário foi respondido por 30 estudantes e é apresentado no APÊNDICE B. Não foi solicitado que os estudantes se identificassem para respondê-lo.

1) Ao entrarmos no conteúdo de Termodinâmica, nós trabalhamos de um jeito diferente do que vínhamos fazendo. Poderias falar um pouco sobre a tua experiência, quer dizer, o que achaste dela em geral?

“No geral, é um bom método”.

“Achei sensacional e inovadora e um método que diversifica e torna a aula mais dinâmica. “

“Achei muito interessante o uso da tecnologia no nosso aprendizado pois ele se tornou mais dinâmico. Além disso, otimizamos muito o nosso tempo, pois os processos se tronaram mais rápidos e fáceis. “

“Achei uma experiência até agora única na sala de aula onde por meio do debate com colegas nós entendemos cada vez mais o conteúdo. “

“Nunca prestei muita atenção nas aulas de física... Foco não é meu forte. Mas como as aulas desse ano foram bastante interativas foi muito bom. Tanto os simuladores no quadro quanto o Plickers e as perguntas no Google Forms. Por mais que eu ainda não consiga atingir as notas, consigo entender melhor a matéria e as aulas não são mais monótonas. “

Os relatos evidenciam uma boa aceitação dos estudantes às atividades diferenciadas. No total, 96% dos estudantes consideram positiva a experiência. Os demais não responderam a essa pergunta, não havendo, portanto, manifestação contrária ao uso dos métodos utilizados.

2) Em relação à parte de estudar os textos em casa, como preparação para a aula, qual é a tua opinião?

“Bom, só acho que tem de dar uma revisada melhor em sala após a leitura, fica meio complicado entender apenas lendo, ainda mais assuntos abstratos.”

“Achei muito legal pois eu chegava em aula preparada para o conteúdo que iria ser dado em aula.”

“Achei muito bom. Acho que nos prepara até mesmo para um futuro próximo na faculdade, onde nós devemos ir atrás das informações e os professores estão para tirar as dúvidas.”

“Achei muito bom tanto para as aulas quanto para o estudo nas provas.”

“Achei isso um pouco ruim, porque às vezes ao ler o texto em casa não conseguimos compreender muito bem ou até mesmo podemos entender algo errado e colocar aquela informação na cabeça.”

Em relação à parte de estudar os textos em casa, como preparação para a aula, 77% dos respondentes do questionário de avaliação considera como uma ação positiva e facilitadora. Também relatam que o método auxilia na organização e na construção de hábito de estudo. O restante, 23%, relatam ou terem aprendido em sala com a exposição oral sendo desnecessárias as leituras dos textos antes das aulas, ou que a leitura antes do professor “dar” o conteúdo pode criar interpretações erradas sobre assunto muito abstratos.

3) E quanto a apresentação dos testes conceituais e as votações em sala de aula, o que achaste?

“Muito bom. Acho que esse conceito de escola somente livro não cola mais. Torna as aulas muito mais rápidas e mais fácil para o professor saber como estão os acertos da turma.”

“Achei muito legal, ótima maneira de discutir as questões. Simplificou muito.”

“As votações em sala de aula foram importantíssimas para que pudéssemos avaliar o rendimento do nosso estudo em casa.”

“Eu gosto muito porque é um jeito que faz eu estudar e rever várias vezes.”

“Achei uma ótima maneira de encontrar qual é a minha dificuldade no conteúdo.”

Em relação aos testes conceituais e as votações em sala de aula, 100% dos estudantes que responderam o questionário consideram essas práticas positivas.

4) Qual a tua opinião sobre a discussão das respostas com os colegas? Achas que foi útil, que conseguistes aprender melhor com isso? Justifica.

“Acredito que sim, pois conseguimos observar diversos pontos de vista para encontrar a resposta correta”

“Ajuda, mas na minha opinião não é tão necessário”

“Poucas vezes eu realmente aprendi, algumas pessoas que entendem o conteúdo não conseguem expressar em palavras e fazer as pessoas entenderem ainda mais na hora que está todo mundo falando ou então quando no grupo tem uma pessoa conhecida por ser inteligente e as vezes ela erra, mas todo o grupo prestou atenção na explicação dela invés de discutirmos várias opiniões”

“Sim foi útil pois eu aprendia o conteúdo a partir de alguém que fala do mesmo jeito que eu”

“A discussão só tem a acrescentar na sala de aula. Não aprendemos somente ouvindo a matéria, mas explicando ela também. Às vezes o colega explica de um jeito melhor que o professor por estar no mesmo nível que os outros estudantes. Podemos discutir o que foi apresentado sobre a matreira e esclarecer nossos pensamentos. E se não tivermos entendido ainda podemos sempre pedir a explicação do professor”

Em relação ao uso do método de instrução pelos colegas, 96% dos respondentes consideram positiva essa ação. Um estudante relata que ajuda, porém não considera muito importante.

5) Consideras que tenha aprendido os conteúdos de Física trabalhados?

“Acho que sim, mas não completamente, pois estudo muito em casa e na prova não consigo demonstrar isto”

“Com certeza, espero desfrutar do mesmo método para estudar no terceiro ano”

“Sim, muito melhor do que ficar só sentada ouvindo”

“Tenho muita dificuldade em física principalmente nos cálculos, mas a parte teórica ficou bem clara para mim”

Em relação ao seu aprendizado, 93% dos estudantes relatam terem aprendido os conteúdos de física trabalhados. O restante aponta resultado de avaliações e dificuldades nos cálculos como aspecto negativo.

6) Pensando que essa metodologia vai ser utilizada com outras turmas ano que vem. O que poderia ser feito para melhorar?

“Acho que mesmo sendo um bom método, deixa um pouco a desejar com a velocidade, mas tentar acelerar o ritmo prejudicaria o desempenho da turma”

“A aula já está bem melhor”

“Nenhuma grande mudança é necessária, talvez possam ser adicionados mais textos de apoio que possam ser baixados em pdf no celular”

“Está muito bom, mas se quer acrescentar algo podia por alguns áudios do senhor falando em alguns textos mais complexos para compreendermos melhor o conteúdo”

“Olha, sinceramente eu gostei demais, por minha parte, houve uma melhora e uma evolução enorme, pois, sempre tive dificuldade em física”

Quanto a alterações que poderiam melhorar a metodologia empregada, os estudantes destacam aumentar a velocidade e utilizar áudios nos textos de apoio. Os restantes fazem elogios sem propor mudanças significativas.

7) Durante as atividades de aula foram utilizados 2 sistemas de coleta de dados para a análise das respostas dos testes conceituais. Usando *Tablets* com o *Google Forms* e utilizando o *smartphone* com o aplicativo *Plickers*. Você poderia contar um pouco sobre essas experiências apontando aspectos positivos e negativos de cada sistema?

“Os cartões são bem melhores que os ipads”

“Os ipads respeitam o tempo de cada um, apesar de serem mais demorados. O QR code às vezes acaba forçando a responder sem pensar”

“O bom dos tablets é que nós temos as questões na nossa frente, porém toma muito tempo para trazer e todos logarem. Já com o plickers é mais rápido, porém a imagem da questão às vezes fica meio apagada dificultando a leitura.

“Com os tablets nós tínhamos a oportunidade de ler a pergunta de forma mais fácil, porém ele era mais demorado. Como os Plickers o processo de coleta de respostas era mais rápido.

Usando os tablets é um sistema que na minha opinião é mais lento do que o outro, pois leva tempo das pessoas logarem e da internet estar funcionando, porém como aspecto positivo pode se ler a questão logo na sua frente. Já no plickers é bem mais dinâmico”

Em relação a última pergunta, maior parte dos estudantes preferem o aplicativo de celular *Plickers*. Parte prefere os tablets por considerar mais fácil a leitura e análise da questão. Os que optam pelo uso do *Plickers* consideram muito positiva a agilidade que esse método de coleta de dados proporciona, principalmente por não necessitarem de dispositivos como tablets e internet.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retirar o estudante do seu local de passividade e transformá-lo em um agente ativo no processo de aprender é o que acreditamos que precisa acontecer para que conceitos de Física sejam aprendidos significativamente. Portanto, repensar o ensino de física no atual cenário brasileiro é uma necessidade que passa pela concepção metodológica dos professores e toda comunidade escolar.

Entretanto, para que esse movimento ocorra, o professor precisa reconhecer que a aprendizagem poderia ocorrer com mais significado e com maior frequência frente ao esforço e trabalho por ele dispendido. Outra necessidade é que o professor tenha acesso a metodologias que permitam uma mudança nesse quadro que se apresenta. A universidade, com seus pesquisadores e núcleos de pesquisa, não deve medir esforços para que o conhecimento produzido nessa área de ensino chegue aos professores da educação básica e lá se estabeleça definitivamente.

Os trabalhos que apresentam propostas metodológicas embasadas em reconhecidas teorias de aprendizagem possuem papel importante de divulgação e instrução por fornecerem alternativas possivelmente úteis no contexto atual das Escolas.

De acordo com os resultados que apresentamos, a metodologia proposta no EsM foi muito bem aceita pelos estudantes, tornando as tarefas de leitura muito úteis na organização e sistematização do estudo extraclasse, frequentemente apontada como uma das causas da não obtenção dos resultados esperados. Ainda em relação ao EsM, as respostas dos estudantes às TL's fornecem dados fundamentais ao professor para o planejamento das atividades seguintes, fazendo com que cada aula esteja ajustada aos conhecimentos prévios dos estudantes.

Em relação ao objeto de estudo, termodinâmica, o EsM permite que os estudantes estejam mais familiarizados com os conceitos que alicerçam o conteúdo. As perguntas propostas nas tarefas de leitura exigiram que os estudantes refletissem sobre suas concepções alternativas em relação a conceitos cotidianamente empregados. Desses, destacam-se o conceito de Energia, calor e temperatura muito utilizados no dia-a-dia, porém pouco compreendidos.

O método ativo de ensino IpC teve papel fundamental na transposição da aula tradicional para a aula em que os estudantes se tornam protagonistas nas atividades propostas. Durante as aulas, o momento das votações era geralmente aguardado ansiosamente pelos estudantes, tanto por exigir movimentação em uma sala de aula

historicamente estática e pouco participativa, quanto por, muitas vezes, causar surpresa em relação aos percentuais de erros ou acertos. As discussões sobre as respostas das questões conceituais se mostraram muito eficientes na aprendizagem dos estudantes, que ouviam diferentes pontos de vista e ainda precisavam argumentar sobre a resposta escolhida.

Um aspecto importante da distribuição dos grupos após as votações no IpC é que o número de componentes não exceda 4 participantes e que preferencialmente possuam diferentes respostas. Nos casos em que foi necessário agrupar a turma em um maior número de componentes por grupo, percebemos que alguns estudantes não participavam das discussões e o tempo de realização da rodada de votação ficava prejudicado.

As ferramentas computacionais *Moodle*, *Google Forms* e *Plickers* se mostraram bastante eficientes diante da metodologia escolhida. Podemos concluir que seu uso facilitou e foi fundamental para a operacionalização dos métodos de ensino utilizados.

O ambiente virtual utilizado pela Escola, *Moodle*, serviu como repositório das tarefas de leitura utilizadas no EsM e das questões conceituais para a aplicação do IpC até a tarefa de leitura dois, ou seja, quatro encontros. A partir da tarefa de leitura 3 utilizamos o aplicativo *Plickers* para a coleta de dados. Com a ferramenta *Google Forms*, foram enviados formulários contendo as TL facilitando a correção e análise das respostas em tempo hábil para que as aulas fossem planejadas de acordo com os questionamentos e dificuldades encontradas pelos estudantes na leitura dos textos de apoio. Os formulários do *Google Forms* e o *Plickers* substituíram os *clickers* e os *flashcards* nas votações do IpC ao serem utilizados com um *tablet* fornecidos pela Escola.

Os estudantes relatam uma boa aceitação em relação a atividades diferenciadas. Os métodos IpC e EsM se mostraram muito eficazes ao engajar a grande maioria dos estudantes antes e durante as aulas dividindo com o professor a responsabilidade em relação a sua aprendizagem. Apesar de não ser o objetivo desse trabalho cabe relatar que ao final do ano letivo não houveram reprovações e os resultados das avaliações tradicionais com questões de vestibulares e exame nacional do ensino médio (ENEM) tiveram uma melhora significativa no ano em que esse trabalho foi realizado.

Em relação aos relatos dos estudantes sobre o questionário de avaliação sobre as TL's, concluímos que o método auxilia os estudantes na organização e na construção

de hábito de estudo, visto que poucos são os estudantes do ensino médio que fazem leituras prévias sobre o que será trabalhado futuramente.

Algumas das observações relatadas pelos estudantes dizem respeito a alteração de postura na sala de aula. Os estudantes gostam bastante de falar com seus colegas sobre o que está sendo ensinado tornando o momento das votações e debate os momentos mais esperados da aula. Uma percepção dos autores desse trabalho diz respeito ao envolvimento e satisfação dos estudantes em participar (não mais assistir) as aulas de física. Era notório a felicidade em poder compartilhar conhecimentos para seus colegas.

Os métodos de coleta de dados, via formulários eletrônicos e aplicativo de celular possuem características positivas e negativas. A maior aceitação é em relação ao aplicativo *Plickers* devido a agilidade com que os resultados são coletados e analisados. Outro ponto positivo apontado pelos estudantes está no fato de não ser necessário conexão com internet para utilização. Uma observação pertinente é que quando usávamos o formulário eletrônico, através dos *tablets*, tinha-se melhor visualização das perguntas e mais respeito com o tempo de cada estudante.

Futuramente, desejamos construir outros materiais para facilitar o uso das metodologias ativas em outras áreas de estudo da Física. Também, pretendemos poder enriquecer os textos de apoio com vídeos explicativos e propostas de atividades experimentais de caráter investigativo.

Outra ação que pode ser feita diz respeito a análise estatística e testes de confiabilidade para estudarmos a ocorrência de “chute” nos testes conceituais. Nas tarefas de leitura, sugerimos que as perguntas não sejam somente de múltipla escolha para permitir que os estudantes tenham que escrever sobre os conceitos que estão sendo estudados.

Ao final deste trabalho, podemos concluir que utilizar conjuntamente os métodos ativos, EsM e IpC, no ensino de conceitos importantes da Termodinâmica, rompe com a lógica do processo de ensino aprendizagem tradicionais, colocando o estudante como protagonista nesse processo e o professor como mediador, sendo de grande valia na busca por uma aprendizagem significativa de conceitos fundamentais em Física.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Delfina Machado. **Segunda Lei da Termodinâmica Recursos Digitais e Ensino de Química**. 2003. 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino de Química, Departamento de Química, Universidade do Porto, Porto, 2003.

ARAUJO, Ives Solano; MAZUR, Eric. **Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos estudantes no processo de ensino aprendizagem de física**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 30, n. 2, p.362-384, ago. 2013. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/26150>>. Acesso em: 13 dez. 2017.

AUSUBEL, D. P; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicologia Educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane. **Mídias e Ferramentas digitais no ensino de Física: Avaliação auxiliada por recursos digitais e busca de artigos em revistas eletrônicas**. 2015. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/cref/uab/midias2015/aula03.html>>. Acesso em: 12 jun. 2015.

CASTRO, Reginaldo; FERRACIOLI, Laércio. **Segunda lei da termodinâmica: um estudo de seu entendimento por professores do ensino médio**. 2001. Disponível em: <http://www.api.adm.br/GRS/referencias/SEGUNDA_LEI_DA_TERMODINAMICA.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2018.

DUARTE, Sergio Eduardo. **Física para o ensino médio usando simulações e experimentos de baixo custo: um exemplo abordando dinâmica da rotação**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, [s.l.], v. 29, p.525-542, set. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941>. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2012v29nesp1p525/22934>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

F.L. Silveira y M.A. Moreira, **Validação de um teste para verificar se o estudante possui concepções científicas sobre calor, temperatura e energia interna.** *Enseñanza de las Ciencias* 14, 75 (1996).

FREEMAN, S. et al. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America PNAS.** Boston, EarlyEdition, mai. 2014. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/111/23/8410>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

GRINGS, E. T. O.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. **Possíveis indicadores de invariantes operatórios apresentados por estudantes em conceitos de Termodinâmica.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 24, p. 1-9, 2006.

NOVAK, G. et al. **Just-in-Time Teaching.** Disponível em: <<http://jittdl.physics.iupui.edu/jitt/>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

MAZUR, Eric. **Peer instruction a user's manual.** New Jersey: Prentice Hall, Inc., 1997.

MOREIRA, M. A. **Energia Entropia e Irreversibilidade.** UFRGS, Porto Alegre, 1998, Grupo de Ensino de Física. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 9.

MOREIRA, M. A., OSTERMANN, F. **Teorias Construtivistas.** Porto Alegre: IFUFRGS, 1999. (Série Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 10)

MOREIRA, Marco Antônio. **Abandono da narrativa, ensino centrado no estudante e aprender a aprender criticamente.** 2010. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/~moreira/Abandonoport.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Investigação Nesta Área** (Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004), p. 7-32.

MARISTA, União et al. **Tessituras do Currículo Marista: Área de matemática e suas tecnologias e área de ciências da natureza e suas tecnologias.** Brasília: Umbrasil, 2014. 243 p.

OLIVEIRA, Vagner. **Uma proposta de ensino de tópicos de eletromagnetismo via instrução pelos colegas e ensino sob medida para o ensino médio.** 2012. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/61863/000867066.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2016.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antônio. **Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Santa Catarina, v. 18, n. 2, p.135-151, ago. 2001. Disponível em: <www.periodicos.ufsc.br>. Acesso em: 19 jul. 2018.

PEDUZZI, Luiz O.q. **Força e movimento: de Thales a Galileu.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2008. 161 p. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/For?a e movimento - de Thales a Galileu.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/For?a%20e%20movimento%20-%20de%20Thales%20a%20Galileu.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2015.

PIAGET, Jean. **Seis estudos de psicologia.** 24. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2007. 136 p. Tradução de Maria Alice Magalhães D'Amorim e Paulo Sergio Lima e Silva.

SANTOS, Madge Bianchi dos. **Uma sequência didática com os métodos Instrução pelos Colegas (Peer Instruction) e Ensino sob Medida.** 2016. 174 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Cap. 90680460. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/156802>>. Acesso em: 24 jul. 2018.

VALADARES, Eduardo de Campos; MOREIRA, Alysso Magalhães. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 15, n. 2, p.121-135, ago. 1998. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6896/7584>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

VIGOTSKI, L. S. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo: Martins Fontes (traduzido do thought and language por Jefferson Luiz Camargo), 1999.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. **A Contribuição da Física para um novo Ensino Médio**. Física na Escola, São Paulo, v. 4, n. 2, p.22-27, nov. 2003. Semestral. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol4/Num2/v4n2a09.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2016.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL
TEXTOS DE APOIO

CAPÍTULO I

Energia, Entropia e Irreversibilidade

Leis da Conservação

Vídeo 1: Primeira parte de um vídeo sobre energia e a lei da conservação de energia.

parte 02 Leis da Conservação

Vídeo 2: Segunda parte de um vídeo sobre energia e a lei da conservação de energia

1. INTRODUÇÃO

Energia pode ser considerado o mais importante conceito para a Física e o *princípio da conservação de energia* seu mais útil princípio físico.

Ao analisarmos uma situação física, usualmente focalizamos nossa atenção em uma porção de matéria que separamos mentalmente, do meio externo a ela. Uma tal porção se denomina *sistema*, figura 1. Tudo aquilo que não pertence ao sistema e que exerce influência direta em seu comportamento, ou que é por ele influenciado denomina-se *vizinhança*.

A energia pode ser transformada em outras formas, mas sua quantidade total permanece constante em um *sistema isolado*. Dessa forma, qualquer processo físico conserva energia, sem ganho ou perda de energia.

2. CALOR E ENERGIA INTERNA

Durante o século XVII foi desenvolvida uma teoria segundo a qual o *calor* era um “sutil” fluido elástico e cuja presença dentro de um corpo determinava o calor desse corpo. Esse fluido recebeu o nome de *calórico* e a teoria correspondente ficou conhecida como a teoria do calórico. Até o fim do século XIX, os fenômenos térmicos eram explicados admitindo-se a existência de uma substância material chamada calórico. *Acreditava-se*, por exemplo, que um corpo a uma temperatura mais alta possuía mais calórico do que o outro a uma temperatura mais baixa.

As inúmeras dificuldades enfrentadas pela antiga teoria foram resolvidas com a introdução do conceito de *energia interna* e com o conceito de *calor como um fluxo de energia* entre o sistema e sua vizinhança.

Independente do estado físico que a matéria se encontra seus átomos e moléculas sempre estão em contínuo movimento. Portanto, mesmo que um corpo esteja em repouso e com energia potencial zero em relação a um determinado referencial sempre é possível associarmos energia cinética interna ao movimento dos átomos e moléculas que o

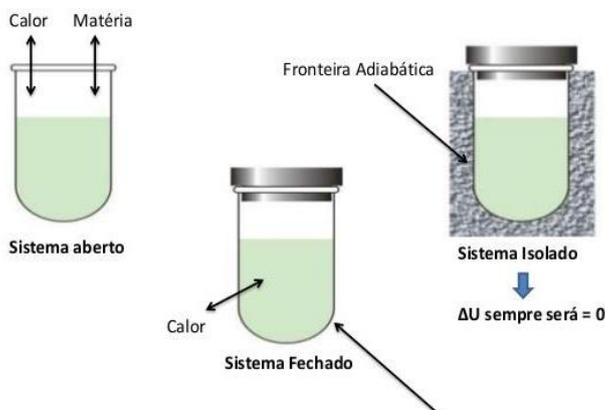
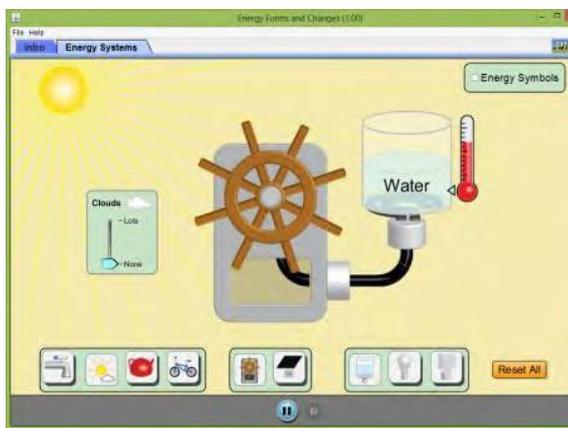


Figura 1: Sistema aberto permitindo fluxo de energia e matéria. Sistema fechado com fronteira que permite o fluxo de energia apenas e sistema isolado, que não sofre influência da vizinhança.

Simulador do PHET: Clique na imagem



Simulação 1: Utilize essa simulação computacional para explorar diversas manifestações de energia e algumas possíveis transformações.

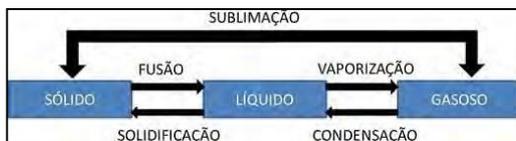


Figura 2: Mudanças de estado físico. A temperatura da substância não varia ao mudar de estado físico.

Disponível em

http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/muda_nca_estado-fisico.htm



Vídeo 3: Primeira parte de um vídeo sobre leis da termodinâmica e Entropia. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=VxGPieQTcAo&t=32s>

constituem e energia potencial interna devido às forças atrativas e repulsivas (quando muito próximos).

Ao conjunto das energias de movimento e de interação das partículas de um corpo dá-se o nome de energia interna do corpo.

É preciso diferenciar energia interna de temperatura. Isso ocorre, pois, é a manifestação macroscópica da energia interna que chamamos de temperatura. A temperatura de qualquer corpo está associada a energia cinética média das moléculas e átomos que o constituem. Quanto maior a energia cinética média maior a temperatura do corpo.

Assim, se a energia interna está relacionada com a energia cinética média das moléculas e átomos, variações de temperatura implicam em variações da energia interna e podem se manifestar, macroscopicamente, através de uma variação de sua temperatura ou de uma mudança de estado físico.

É possível variar a energia interna de um corpo através da transferência de energia do sistema para a vizinhança ou da vizinhança para o sistema. Se esse fluxo de energia se dá exclusivamente pela diferença de temperatura entre o sistema e sua vizinhança emprega-se o conceito de calor. **Calor é a energia em trânsito entre um sistema e sua vizinhança, devido exclusivamente a uma diferença de temperatura entre os dois.**

Uma substância não possui calor, ela contém energia interna. A utilização do conceito de energia interna é necessária para compreendermos situações em que a energia mecânica (cinética e/ou potencial) não se conserva em determinados processos. Em sistemas onde atuam forças de atrito a energia mecânica diminui. Entretanto, a lei da conservação de energia não é violada, ou seja, a energia total do sistema permanece constante. Ocorre que a perda de energia mecânica é igual ao acréscimo de energia interna do sistema.

Conforme estudamos anteriormente em mecânica, o conceito de **trabalho** pode ser utilizado para compreendermos o que é energia. Energia como capacidade de realizar trabalho não pode ser confundido com **disponibilidade de realizar trabalho**. Ou seja, é possível que exista energia indisponível para realização de trabalho. Precisamos, portanto, de outra grandeza física, **Entropia**.

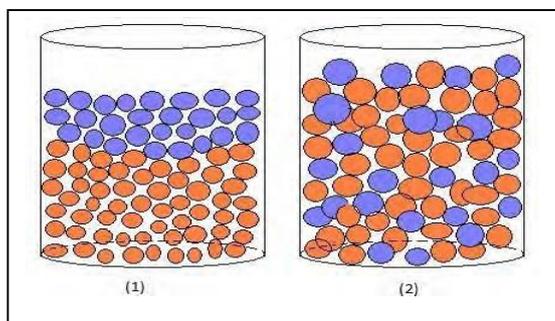


Figura 3: Antes (1) e após (2) a agitação dos grãos de areia. Disponível em:

3. Entropia

Assim como a energia, a entropia de um sistema fornece também uma medida de sua capacidade de produzir trabalho.

Entretanto, contrariamente ao caso da energia, não existe um princípio ou lei de conservação da entropia. Apesar disso, e embora não seja um conceito tão comumente usados como o de energia, é talvez mais fácil de ser aprendido pois está muito relacionado a dois conceitos bastante conhecidos: **ordem e desordem**.

A entropia está intimamente relacionada com as ideias de ordem e desordem quando estas são definidas em termos de **probabilidade de ocorrência de uma determinada distribuição estatística para um conjunto de elementos**.

Vejam os um exemplo onde a **irreversibilidade** do processo se torna evidente. Suponhamos que uma camada de areia fina vermelha é colocada em uma jarra e sobre ela é colocada uma outra camada de areia fina azul, fig.3 (1). Sacudindo suficientemente a jarra, é de esperar que com o tempo a areia vermelha se misture com a azul, fig. 3 (2). Entretanto, por mais que se sacuda a jarra, é altamente improvável que se consiga obter novamente a distribuição inicial, isto é, as duas camadas separadas de areia vermelha e azul.

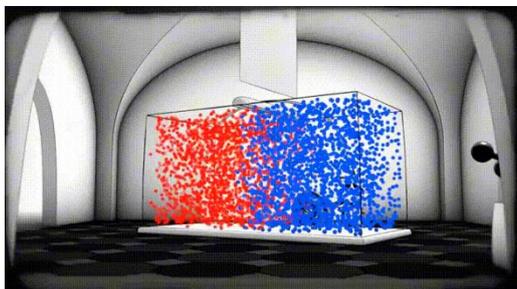
Por que isso? A resposta estatística é que existe um número de maneiras mais através das quais os grãos de areia podem se entremear do que o número de maneiras através das quais eles podem se distribuir em duas camadas distintas. A disposição ordenada inicial (duas camadas distintas) tornou-se desordenada durante o processo de sacudir a jarra (o qual dá movimento aleatório aos grãos de areia); a distribuição menos provável foi suplantada por outra mais provável.

Não se está, no entanto, dizendo que se continuasse sacudindo a jarra não se poderia, após um longo período de tempo, reproduzir a disposição ordenada inicial de duas camadas distintas, **uma das características** de um processo **reversível**; está se dizendo somente que é altamente improvável: quanto maior for o número de grãos de areia no conjunto (mistura), mais improvável se torna a reprodução da ordem original.

A medida desta tendência de grandes conjuntos de grão de areia ou moléculas em movimento aleatório irem de uma menos provável configuração (um arranjo ordenado) para uma mais provável (mais desordenada) é chamada entropia.



Vídeo 4: Segunda parte de um vídeo sobre energia e a lei da conservação de energia.
<https://www.youtube.com/watch?v=zgd8k9PfleM>



Simulação 2: Fluxo de calor entre água quente e fria

Podemos, então, definir operacionalmente entropia como uma *medida do grau de desordem de um sistema*. Um sistema ordenado tem baixa entropia, enquanto que um sistema desordenado tem alta entropia.

Assim como a importância do conceito de energia está no fato de que a conservação da energia é uma lei que governa todos os fenômenos de natureza, a relevância do conceito de entropia reside em uma outra lei que também rege os fenômenos naturais:

Qualquer sistema ordenado existente na natureza deixando a si mesmo (isolado), tenderá sempre, espontaneamente, para uma configuração menos ordenada; ou seja, a tendência em todas as transformações naturais é sempre em direção à desordem, ou seja, para um estado que maximiza a entropia.

Suponhamos que dispomos de dois recipientes contendo quantidades aproximadamente iguais de água, porém, um deles com água quente e o outro fria. Sabe-se, é claro, que misturando as águas, em um terceiro recipiente, obtém-se a água morna. Sabe-se também que nem seria necessário misturar as águas para que isso acontecesse: se o sistema, i.e., as duas águas, fosse entregue a si mesmo, energia se transferiria (calor) *espontaneamente* da água quente para a fria até que ambas atingissem a mesma temperatura. Ver animação 2.

Antes da mistura, no entanto, poderíamos ter usado a água quente como fonte de alta temperatura (fonte quente) e a água fria como a fonte de baixa temperatura (fonte fria) de uma máquina térmica e durante a transferência de energia (calor), da fonte quente para a fria, poder-se-ia obter algum trabalho mecânico.

Entretanto, uma vez que tenham sido misturadas as águas quente e fria e que ambas tenham atingido a mesma temperatura *perde-se por completo essa oportunidade* de converter calor em trabalho. A água morna jamais se "desmisturará" (ou melhor, é altamente improvável que isso aconteça) separando-se em uma parte quente e outra fria.

Não há, no entanto, diminuição de energia quando as águas quente e fria se misturam, pois, a energia se conserva. O que existe é uma *diminuição da quantidade disponível de energia*, ou um *aumento da parte não disponível de energia*, significando tal expressão que uma dada quantidade de energia *não mais poderá*



Simulação 3: Enquanto que a energia sempre se conserva nas transformações espontâneas ocorridas na natureza, a entropia sempre tende a aumentar em sistemas isolados.

ser utilizada para conversão em trabalho.

Por outro lado, se calculássemos a entropia do sistema, i.e., das duas águas, antes e depois da mistura (o que é perfeitamente possível) chegaríamos à conclusão de que a entropia da mistura é maior do que a soma das entropias das águas quente e fria separadamente, havendo, portanto, um aumento de entropia na transformação.

Esta conclusão seria apenas uma confirmação da lei do aumento da entropia nas transformações espontâneas. Nesse caso, a um aumento de entropia correspondeu um decréscimo na disponibilidade de energia para conversão em trabalho.

É preciso estabelecer ainda que na natureza todos os processos são irreversíveis, processos reversíveis são utilizados apenas como modelos de aproximação da realidade. Tais modelos são muito utilizados no contexto escolar, principalmente no estudo da Física em nível médio.

Fica, assim, clara a importância da lei do aumento da entropia nas transformações espontâneas: elas estão continuamente ocorrendo no Universo e, portanto, a entropia do Universo está aumentando e a disponibilidade de energia está diminuindo. Quer dizer, a energia total do universo permanece constante, mas a energia disponível para a conversão em trabalho está diminuindo.

4. Bibliografia

Gaspar, Alberto. Física, volume 1- São Paulo: Ática, 2000

MOREIRA, M. A. Energia Entropia e Irreversibilidade. UFRGS, Porto Alegre, 1999, Grupo de Ensino de Física. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 9.

FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. Física Básica. São Paulo: Atual, 1998. 697 p.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. Os Fundamentos da Física: Física 2. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. 532 p.

Sistema Marista de Educação – FTD, São Paulo, 2016.

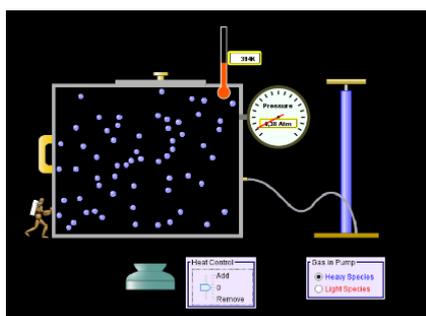
CAPÍTULO II: *Estudo dos gases*

1. O Modelo de Gás Ideal

As principais características dos gases é a capacidade de ser comprimido (compressibilidade) e de ser expandido (expansibilidade). Logo, podemos tratar os gases como um fluido que, sob pressões relativamente baixas, tende a ocupar todo o espaço que lhe é disponível.

Um gás ideal ou perfeito, é um modelo onde se obtém equações em termos das grandezas físicas que definem o estado termodinâmico que o gás apresenta se relacionam de maneira bem simples comparado com gases reais. O modelo de gás ideal, está em acordo com a teoria cinética dos gases em que as leis da mecânica são aplicáveis ao movimento molecular obedecendo as seguintes condições:

- As moléculas estão em movimento desordenado, regido pelos princípios fundamentais da mecânica newtoniana.
- As moléculas não exercem forças uma sobre as outras, exceto quando colidem.
- As colisões entre moléculas e contra as paredes do recipiente que a contém são perfeitamente elásticas, ou seja, há conservação de energia cinética e de quantidade de movimento.
- As moléculas têm dimensões desprezíveis em comparação aos espaços vazios entre elas. Por esse motivo que o volume do gás é o volume do espaço entre as moléculas correspondendo ao volume do recipiente onde o gás se encontra.

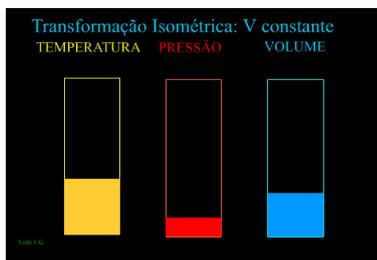


Simulação 1: Nessa simulação computacional é possível aquecer ou resfriar o gás verificando o comportamento das variáveis de estado. Clique na imagem para abrir o simulador.

Gases reais podem se aproximar ao modelo de gás ideal sob condições muito específicas, baixa pressão e elevadas temperaturas.

O estado de um gás é caracterizado pelos valores de três grandezas chamadas de variáveis de estado: **Pressão (P)**, **Volume (V)** e **temperatura (T)**. Ver simulação 1.

A seguir serão discutidas as transformações gasosas e no capítulo 3 a teoria cinética dos gases será retomada.



Animação 1: Relações entre as variáveis de estado.

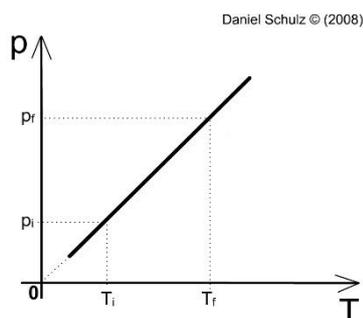


Figura 1: Temperatura (T) no eixo das abscissas e Pressão (P) no eixo das ordenadas. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/isocorica.htm>

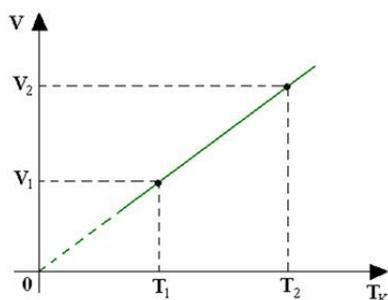


Figura 2: Representação da relação linear entre o Volume (V) em função da temperatura (T). http://www.wikiwand.com/pt/Transforma%C3%A7%C3%A3o_isob%C3%A1rica

2. Transformações Gasosas

Uma transformação de estado é caracterizada pela modificação das suas variáveis de estado. Sempre que uma grandeza varia outra também é alterada. Portanto, ao menos duas variáveis de estado se modificam nas transformações gasosas. Animação 1.

2.1. Transformação Isovolumétrica

Também conhecida como transformação Isocórica ou isométrica, é uma transformação gasosa em que o volume do gás é mantido constante.

Os cientistas franceses, [Charles](#) e [Gay-Lussac](#) determinaram a relação entre as variáveis temperatura e pressão quando o volume de um gás é mantido constante.

Considere certa massa de um gás ideal que ocupa um volume V , uma pressão P_1 e uma temperatura T_1 . Se o gás for aquecido, ver [simulação computacional](#), até uma temperatura T_2 , mantendo seu volume constante, sua pressão se eleva para um valor P_2 obedecendo a equação 1. [Clique na animação 1.](#)

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \text{ (Eq. 1)}$$

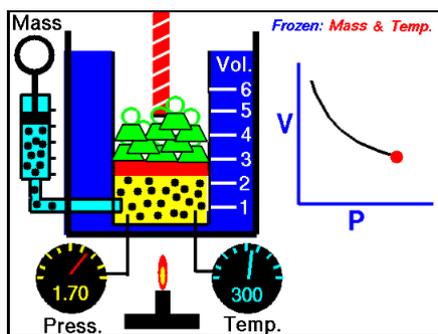
De acordo com a equação acima, nas transformações isovolumétricas, a pressão e a temperatura são grandezas diretamente proporcionais. O gráfico da figura 1 representa essa relação.

2.2. Transformação Isobárica

A transformação isobárica consiste na transformação gasosa onde a pressão do gás se mantém constante. Assim, na passagem de um estado inicial (1) para um estado final (2) mantendo-se a pressão (P) constante, verifica-se experimentalmente que o volume e a temperatura são diretamente proporcionais.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \text{ (Eq.2)}$$

A transformação isobárica também é conhecida como [lei de Charles](#). O gráfico da figura 2 representa a relação entre V e T para os estados inicial (1) e final (2).



Animação 2: Gif animado sobre transformação isotérmica. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_de_B

2.3. Transformação Isotérmica

Também conhecida como lei de Boyle-Mariotte, nessa transformação gasosa a temperatura do gás se mantém constante. Verifica-se experimentalmente que a pressão e o volume estão relacionadas de forma inversamente proporcional. Assim, mantendo-se a massa de gás constante, na passagem de um estado (1) para um estado (2) é válida a relação:

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \text{ (Eq. 3)}$$

Portanto, de acordo com a equação 3, quando a pressão aumenta o volume decresce na mesma proporção, ver animação 2.

Se representarmos a pressão (P) em ordenadas e o volume (V) em abscissas, o gráfico que expressa a lei de Boyle é uma curva denominada isoterma, correspondente a um ramo de hipérbole equilátera (gráfico 3).

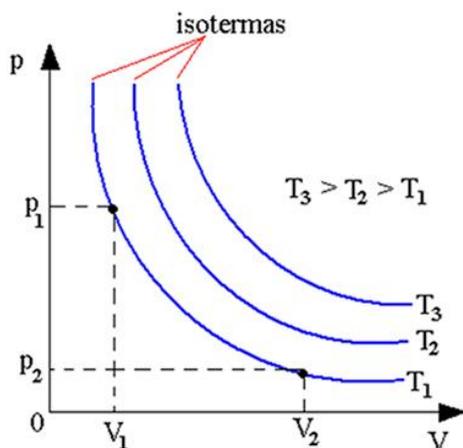


Figura 3: Representação da relação inversa entre o Volume (V) e a pressão (P). Cada isoterma (curva) corresponde a uma temperatura constante. Quanto maior a pressão com que ocorre a transformação maior a temperatura. <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/transformacao-isotermica.htm>

2. Equação de Clapeyron

O físico francês Clapeyron estabeleceu que a razão $\frac{P \cdot V}{T} = R \cdot n$, sendo R uma constante de proporcionalidade, igual para todos os gases e n o número de mols.

Assim, o número de mols (n) evidencia que as variáveis de estado de um gás ideal (P, V e T) estão relacionadas com a quantidade de gás. A constante R não expressa alguma característica de um gás mas é uma constante universal chamada de constante universal dos gases perfeitos. Seu valor no sistema internacional de unidades (SI) é 8,31 J/mol.K. Porém é usual o valor 0,082atm. L/mol.K.

A fórmula conhecida como equação de Clapeyron é escrita da seguinte forma:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \text{ (Eq. 4)}$$

É importante lembrar que em se tratando de estudo dos gases a temperatura sempre deve ser expressa em kelvin (K).

3. Lei geral dos gases perfeitos

A lei geral dos gases perfeitos relaciona dois estados quaisquer de uma dada massa de gás. Para isso, consideremos dois estados distintos de uma mesma massa gasosa. Aplicando na equação de Clapeyron tem-se:

$$P_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \quad \text{e} \quad P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2$$

Dividindo-se membro a membro as equações acima, obtêm-se a expressão algébrica para a lei geral dos gases perfeitos:

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2} \quad (\text{eq. 5})$$

I. Isotérmica

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$$

II. Isobárica

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

III. Isocórica

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$$

$$\frac{P_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{P_2 \cdot V_2}{T_2}$$

Figura 4: Como consequência da definição da lei geral dos gases têm-se as transformações gasosas.

<http://blog.maxieduca.com.br/gases-e-suas->

4. Revisão

Nesse capítulo aprendemos sobre o modelo de gás ideal para nos auxiliar no estudo dos gases de uma maneira mais simples, mas ainda permitindo uma aproximação da realidade ou dos gases reais.

Vimos que um gás possui três variáveis de estado, pressão, volume e temperatura, e estas se relacionam pela lei de Charles, Lei de Boyle e Gay-Lussac. Elas também dependem da quantidade de gás que existe no recipiente sendo necessário, portanto utilizarmos de um conceito muito usual em Química, o número de mols. Clapeyron relacionou as variáveis de estado com o número de mols e uma constante de proporcionalidade (R), constante universal dos gases. A partir da equação de Clapeyron podemos definir a lei geral dos gases e sua relação com as transformações gasosas: Isocórica, Isobárica e Isotérmica.

5. Bibliografia

- FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física Básica**. São Paulo: Atual, 1998. 697 p.
- RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**: Física 2. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. 532 p.
- Sistema Marista de Educação – FTD, São Paulo, 2016

CAPÍTULO III

Transformações termodinâmicas

1. Primeira Lei da Termodinâmica

Talvez você perceba que esta lei já foi citada no capítulo 1 embora não tenha sido nomeada dessa forma. Ela pode ser enunciada de várias maneiras, iniciaremos com um enunciado que julgamos bem consistentes com o que foi visto até aqui.

- **Primeira Lei: a energia do Universo é constante.**

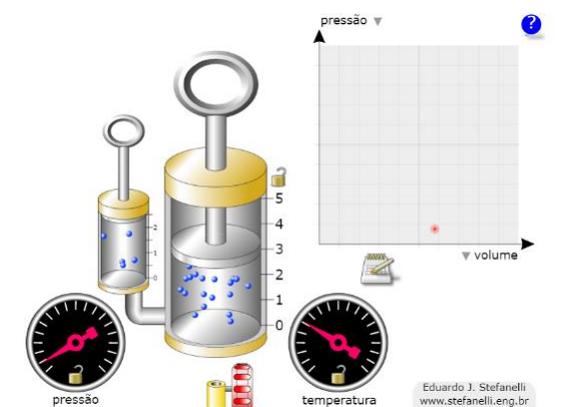
Por este enunciado esta nada mais é do que a lei de "conservação de energia" conforme considerado pela mecânica newtoniana.. De fato, a primeira lei da Termodinâmica nada mais é do que a lei de conservação da energia aplicada a fenômenos térmicos. A conservação da energia é uma lei geral da Física e, como tal, deve ser válida quando consideramos tanto a energia interna de um sistema como as possíveis formas de energia "externa". É possível alterar a energia interna de um sistema transferindo-lhe energia (calor) devido a uma diferença de temperaturas ou realizando um trabalho sobre ele. Da mesma forma, é possível transferir energia do sistema para a vizinhança fazendo com que o sistema realize trabalho ou fazendo com que ele transfira energia (calor) por diferença de temperaturas à vizinhança. Em ambos os casos, deve ser observada a lei de conservação da energia; a energia transferida ao sistema ou pelo sistema aparece sob forma de variação da sua energia interna.

A energia Interna, ou a variação da energia interna (ΔU), corresponde às parcelas de energia potencial, associada às forças internas conservativas e de energias cinéticas, associadas à: rotação das moléculas, vibrações intramoleculares e movimentos intra-atômicos das partículas elementares. Apesar de não medirmos diretamente a energia interna de um sistema é importante conhecermos às variações de energia interna (ΔU) que um sistema pode sofrer nas mudanças de estado termodinâmico.

Em gases ideais, a energia interna se relaciona apenas com a energia cinética de translação das moléculas. Para gases ideais e monoatômicos, vale a equação 1:

$$U = \frac{3}{2}nRT \text{ (Eq. 1)}$$

Onde, (n) é o número de mols, (R) é a constante universal dos gases ideais e (T) a temperatura.



Simulação 1: Nessa simulação computacional, é possível fornecer energia ao gás na forma de calor ou através da realização de trabalho. Explore as ferramentas e verifique como as variáveis de estado se comportam.

É possível perceber, analisando a equação 1, que variações de temperatura (ΔT) implicam em variações de energia interna (ΔU), ou

$$\Delta U = \frac{3}{2} nR\Delta T \text{ (Eq. 2)}$$

Voltando à primeira lei da Termodinâmica. Por exemplo, sendo Q a energia recebida pelo sistema, em um determinado processo termodinâmico, devido à transferência de energia por diferença de temperaturas (calor) e W a energia, cedida pelo sistema, devido à realização de trabalho, então $Q - W$ deve ser igual à variação de energia interna U do sistema:

$$\Delta U = Q - W \text{ (Eq. 3)}$$

Esta equação é conhecida como a primeira lei da Termodinâmica. Em palavras, poder-se-ia dizer que a variação da energia interna de um sistema é igual a energia a ele transferida devido a uma diferença de temperaturas menos o trabalho que ele realiza. Este é um enunciado (que nada mais é do que a lei da conservação da energia) usual da primeira lei da Termodinâmica.

A primeira lei aplica-se a todo e qualquer processo natural que ocorre entre estados de equilíbrio, podendo ou não envolver estados de equilíbrio intermediários. Entretanto, face à sua generalidade, as informações obtidas a partir da primeira lei são incompletas, embora exatas e corretas. Por exemplo, embora esta lei nos afirme que a energia é conservada em todos os processos, ela nada nos diz sobre se um determinado processo pode ou não realmente ocorrer. Informações deste gênero são fornecidas pela segunda lei da termodinâmica que iremos abordar no capítulo IV.

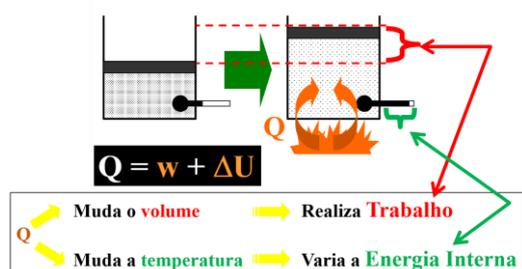


Figura 1: É possível interpretar a primeira lei da termodinâmica de outra maneira. A energia fornecida ao sistema na forma de calor Q , pode ser utilizada em parte para a realização de trabalho, caso ocorra variação no volume, ou para variar a energia interna do sistema, evidenciado por variação de temperatura.

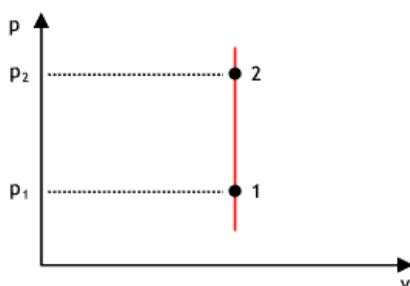


Figura 2: Transformação isovolumétrica entre os estados 1 e 2. Disponível em

<http://www.mspc.eng.br/termo/termod0230.shtml>

2. Transformações Gasosas e a Primeira Lei da Termodinâmica

Conforme estudamos no capítulo 2, uma transformação de estado de um gás ideal é caracterizada pela modificação das suas variáveis de estado. Sempre que uma grandeza varia outra também é alterada. Portanto, ao menos duas variáveis de estado se modificam nas transformações gasosas.

Para que as variáveis de estado de um gás ideal sejam modificadas, é necessário analisarmos tais transformações do ponto de vista das variáveis de processo: Calor (Q), Energia interna (U) e temperatura.

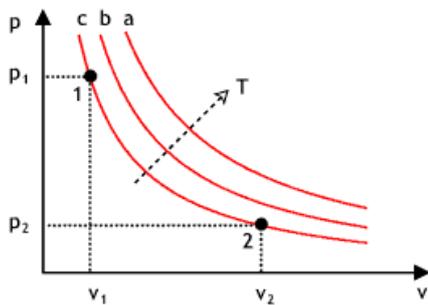


Figura 3: O gráfico apresenta três isotermas. A curva C, entre os estados 1 e 2 e as curvas (b) e (a) representando isotermas de maior temperatura. Disponível em

http://www.mspc.eng.br/termo/termod0230.shtml#tr_isot

2.1. Transformação Isovolumétrica

Nessa transformação gasosa em que o volume do gás é mantido constante, não há trabalho sendo realizado pelo gás pois não há aumento de volume ou expansão e também não há trabalho sendo realizado sobre o gás pois não ocorre compressão ou diminuição do volume.

Assim, nessas transformações, **o calor (Q) fornecido ao sistema é utilizado para variar a energia interna.** Da primeira lei da termodinâmica:

$$Q = \Delta U + W$$

Como $W = 0$, então

$$Q = \Delta U \text{ (Eq. 4)}$$

Se o sistema recebe calor da vizinhança é convencionalizado que $Q > 0$, portanto $\Delta U > 0$ indicando aumento da energia interna. Se o sistema perde calor para a vizinhança $Q < 0$ a energia interna diminui e $\Delta U < 0$.

2.2. Transformação isotérmica

Nas transformações em que a temperatura do gás se mantém constante, ver figura 3, não há variação de energia interna (ΔU).

Como consequência, o calor fornecido ao sistema é utilizado na realização de trabalho.

$$Q = \Delta U + W$$

Como $\Delta U = 0$, então

$$Q = W \text{ (Eq. 5)}$$

Se o gás sofre uma expansão diz-se que o trabalho foi realizado pelo gás e $W > 0$ enquanto que a compressão pode ser interpretada como trabalho realizado sobre o gás, ou seja, o gás realizou trabalho resistente, logo, $W < 0$.

2.3. Transformação Adiabática

Nas transformações adiabáticas não há calor envolvido ou a transformação ocorre de maneira tão rápida que o fluxo de energia devido a variação de temperatura torna-se muito pequeno. Ver figura 4. Como consequência, a variação da energia interna do gás ocorre devido ao trabalho realizado pelo gás ou sobre o gás.

$$Q = \Delta U + W$$

Como $Q = 0$, então

$$W = -\Delta U \text{ (Eq.6)}$$

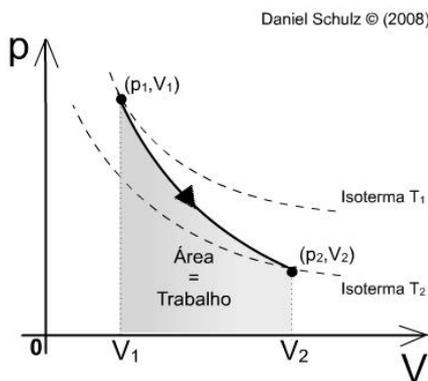


Figura 4: O gráfico apresenta duas isotermas T1 e T2. A transformação adiabática está indicada na curva sólida entre os estados 1 (p1, V1) e 2 (p2, V2).

<https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/adiabatica.htm>

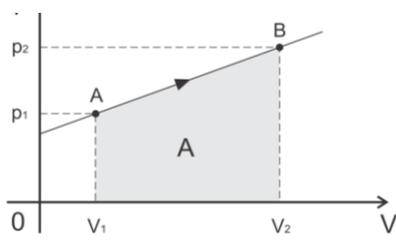


Figura 5: Gráfico P x V. A área destacada é numericamente igual ao trabalho para qualquer gasosa. Disponível em <http://osfundamentosdafisica.blogspot.com.br/2013/06/cursos-do-blog-termologia-optica-e->

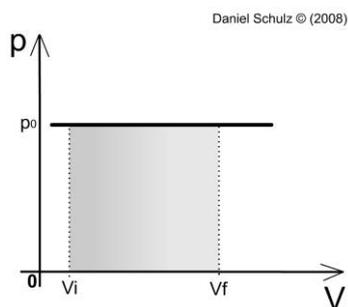


Figura 6: Gráfico $P \times V$ para uma transformação isobárica. Note que o volume final é maior que o volume inicial evidenciando que ocorreu uma expansão isobárica.

Disponível em

<https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/isobarica.htm>

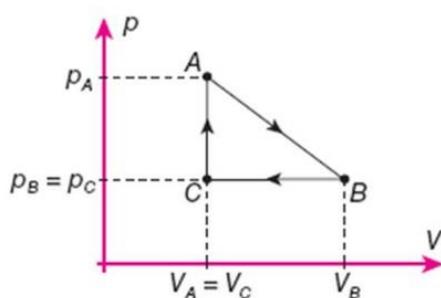


Figura 7: Transformação cíclica A-B-C-A. A área do ciclo, triângulo retângulo, é numericamente igual ao trabalho. Disponível em

<http://slideplayer.com.br/slide/5610084/>

Portanto, nas transformações adiabáticas é possível aumentar ou diminuir a temperatura do gás sem que exista calor envolvido no processo. Processos de compressão adiabática implicam em aumento da energia interna e consequentemente aquecimento.

2.4. Transformação Isobárica

Em qualquer processo termodinâmico onde um gás ideal passa de um estado a outro a área do gráfico $P \times V$ é numericamente igual ao trabalho. Essa propriedade se aplica a **TODAS** as transformações gasosas, ver figura 5.

O gráfico da figura 6 representa uma transformação isobárica. A área sob o gráfico, em relação ao eixo do volume é numericamente igual ao trabalho. Podemos determinar a área do gráfico $P \times V$, fazendo

$$A = W$$

$$W = P \cdot (V_f - V_i)$$

$$W = P \cdot \Delta V \text{ (Eq. 7)}$$

A equação 7, pode ser utilizada sempre que a pressão do gás permanece constante durante um processo termodinâmico, transformação isobárica.

2.5. Transformações cíclicas

Transformação cíclica de uma massa gasosa pode ser entendida como uma sequência de transformações em que, ao final do ciclo, o gás retorna ao seu estado inicial de Pressão, Temperatura e Volume. Veja a figura 7.

Nessas transformações, a área do ciclo tem o mesmo valor do trabalho e a variação de energia interna é nula.

Existem ciclos termodinâmicos muito importantes que serão abordados no capítulo IV, ciclo OTTO, ciclo DIESEL e o ciclo de CARNOT.

3. Revisão

Nesse capítulo aprendemos sobre as variáveis envolvidas em processos termodinâmicos onde uma massa gasosa é submetida a mudança de estado. Anteriormente, havíamos aprendido sobre o comportamento das variáveis de estado, Pressão, Volume e Temperatura e nesse capítulo aprendemos sobre variáveis de processo como a Energia Interna, Trabalho e Calor.

Também vimos que as variáveis de estado obedecem, portanto não violam, o princípio da conservação da energia, podendo ser enunciada como primeira lei da termodinâmica.

Analisamos as transformações termodinâmicas em termos de energia e conhecemos a transformação adiabática, onde é possível variar a energia interna de um sistema sem que seja necessário envolver calor no processo.

Bibliografia

Gaspar, Alberto. Física, volume 1- São Paulo: Ática, 2000

MOREIRA, M. A. Energia Entropia e Irreversibilidade. UFRGS, Porto Alegre, 1999, Grupo de Ensino de Física. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 9.

FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física Básica**. São Paulo: Atual, 1998. 697 p.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**: Física 2. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. 532 p.

Sistema Marista de Educação – FTD, São Paulo, 2016.

Se o volume aumenta (expansão) $\rightarrow w+$ Trabalho realizado pelo gás
Se o volume diminui (compressão) $\rightarrow w-$ Trabalho realizado sobre o gás
Se o volume não varia (isovolumétrica) $\rightarrow \tau = \text{ZERO}$
Se a temperatura aumenta $\rightarrow \Delta U +$
Se a temperatura diminui $\rightarrow \Delta U -$
Se a temperatura não varia (isotérmica) $\rightarrow \Delta U = \text{ZERO}$
Se $Q +$ \rightarrow Sistema recebe energia térmica
Se $Q -$ \rightarrow Sistema cede energia térmica
Se $Q = \text{ZERO}$ \rightarrow Não há troca de energia térmica (adiabática)

Figura 8: Quadro resumo enfatizando os sinais convencionados nas transformações termodinâmicas.

CAPÍTULO IV

Segunda Lei da Termodinâmica

1. Introdução

A entropia do Universo está sempre aumentando.

A partir do enunciado acima, dizer que a entropia do universo está sempre aumentando não nos diz o que acontece com a entropia em um processo reversível nem dá uma ideia clara do que seja a entropia. De fato, esse enunciado da segunda lei dá a impressão que ela se aplica somente a transformações irreversíveis pois é nos processos naturais (irreversíveis) que a entropia aumenta. Os processos reversíveis, todavia, podem desenvolver-se tão bem em um sentido como em outro e nestes processos a entropia do sistema mais vizinhança permanece invariável. Ou seja, a variação total da entropia do sistema mais vizinhança é nula: o aumento da entropia de um é igual ao decréscimo da entropia do outro (em um processo irreversível o aumento é sempre maior que o decréscimo). Podemos então formular um enunciado mais geral para a segunda lei:

Quando se incluem todos os sistemas que tornam parte em um processo, a entropia permanece constante ou aumenta.

Ou seja, quando todos os sistemas que tomam parte no processo são considerados, não é possível um processo em que a entropia decresça. Uma outra maneira de formular isso é dizer que "a entropia de um sistema fechado nunca diminui".

A segunda lei da Termodinâmica é também muitas vezes formulada em termos de máquinas térmicas. Uma máquina térmica é um dispositivo capaz de converter energia térmica em trabalho através de ciclos termodinâmicos, ver figura 1. Uma aplicação que este estudo ajudou a desenvolver são os motores a combustão dos automóveis e caminhões, apesar desses motores não funcionarem em ciclos fechados. Destacam-se os seguintes postulados:

Enunciado de Clausius: *É impossível a qualquer máquina térmica cíclica produzir como único efeito a transferência contínua de energia de um corpo a outro que esteja a maior temperatura.*

Enunciado de Kelvin-Planck: *Uma transformação cujo único resultado final seja transformar em trabalho a energia interna de uma fonte que esteja a mesma temperatura é impossível. O primeiro destes enunciados exclui a possibilidade de existência*

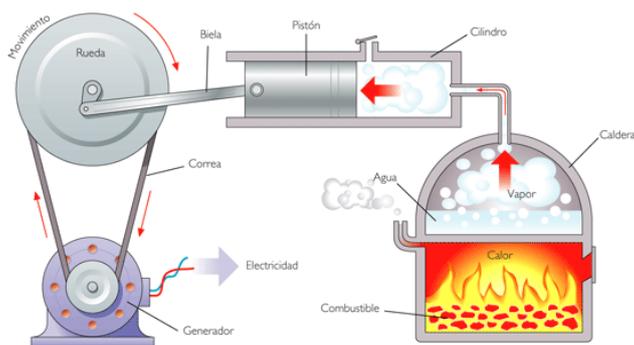


Figura 1: Máquina térmica transformando calor em trabalho. Ao receber calor a água se transforma em vapor e movimentando o pistão. Por estar acoplado a um gerador através de uma polia pode converter a energia cinética de rotação do eixo do gerador em energia elétrica. Imagem disponível em:

http://static.wixstatic.com/media/2c97bc_1ee29242634675bfaaa5cc1afc6d6f0a.png_512

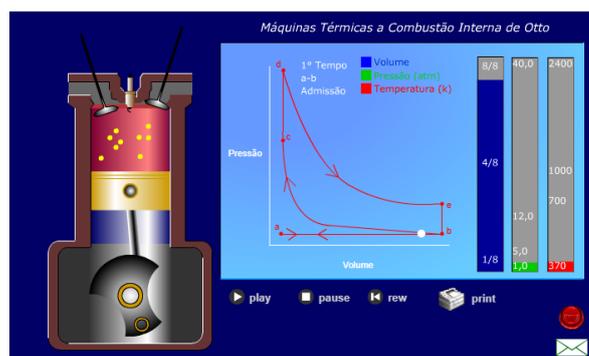


Figura 2: Link para animação computacional sobre o funcionamento de máquinas térmicas que operam com o ciclo Otto. Disponível em <http://cref.if.ufrgs.br/~leila/motor4t.htm>

de um "refrigerador perfeito" pois implica que para transferir continuamente a energia de um objeto frio a outro quente é necessário que um agente externo realize trabalho. O segundo, por sua vez, elimina a possibilidade de existir uma máquina térmica que pudesse retirar energia de um reservatório abundante, tal como o oceano, e convertê-lo completamente em trabalho útil. Não é possível produzir trabalho mecânico extraíndo energia de um único reservatório sem fornecer energia a um reservatório que esteja a temperatura inferior.

É claro que se estes são diferentes enunciados da mesma lei devem ser coerentes com aquele formulado em termos da entropia. Isto significa que se existisse o "refrigerador perfeito" ou a "máquina térmica perfeita" a entropia do sistema mais vizinhança decresceria, o que não é possível.

2. Máquinas térmicas

Iniciaremos nosso estudo sobre a segunda lei da termodinâmica e as relações com as máquinas térmicas partindo de uma situação generalizada até os ciclos termodinâmicos mais utilizados como o ciclo Otto, ver figura 2, e o ciclo Diesel que serão abordados ao final desse capítulo.

2.1. Funcionamento básico

Toda máquina térmica necessita receber calor para funcionar. Essa energia flui espontaneamente entre duas fontes em diferentes temperaturas. O processo é dito espontâneo quando o calor flui da fonte quente para a fonte fria. O calor proveniente da fonte quente é geralmente chamado de Q_1 e o enviado para a fonte fria Q_2 , ver figura 3.

Uma parcela dessa energia recebida, Q_1 , é utilizada para realizar trabalho e outra parte é rejeitada para a fonte fria, ver figura 4.

Dessa forma, de acordo com o princípio da conservação da energia total do sistema, podemos escrever a segunda lei da termodinâmica da seguinte forma:

$$Q_1 = W + Q_2 \quad (\text{Eq. 1})$$

Conforme interpretação dos enunciados citados anteriormente, a entropia do sistema deve aumentar pois os processos são irreversíveis. Isso implica na impossibilidade de existir uma máquina térmica que possua rendimento de 100%, isto é, Q_2 nunca pode ser igual a zero pois dessa forma toda energia recebida pela máquina seria convertida em trabalho.

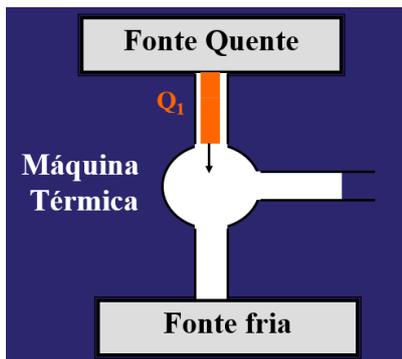


Figura 3: Máquina térmica recebendo energia (Q_1) da fonte quente a uma temperatura (T_1).

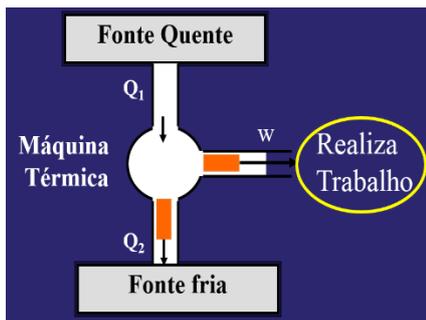


Figura 4: A máquina utiliza parte da energia na realização de trabalho enquanto outra parcela é rejeitada, Q_2 , para um recipiente de menor temperatura (T_2).

2.2. Rendimento de uma máquina térmica

Quando conhecemos o rendimento de uma máquina térmica somos capazes de determinar, com devida aproximação, a quantidade de energia que é utilizada na realização de trabalho e conseqüentemente a quantidade de energia rejeitada para a fonte fria.

Em termos matemáticos:

$$R = \frac{W}{Q_1} \quad (\text{eq. 2})$$

Também podemos reescrever a equação 2, acima, fazendo:

Da primeira lei,

$$W = Q_1 - Q_2 \quad (\text{eq. 3})$$

Substituindo (eq.3) em (eq. 2)

$$R = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

2.3. Ciclo de Carnot

O físico e engenheiro francês [Nicolas Léonard Sadi Carnot](#) (1796-1832), em seu trabalho Reflexões sobre a potência motriz do fogo, concluiu que as máquinas térmicas ideais podem atingir um rendimento máximo por meio de uma seqüência específica de transformações gasosas que resultam num ciclo – denominado de ciclo de Carnot, conforme ilustra a figura 5.

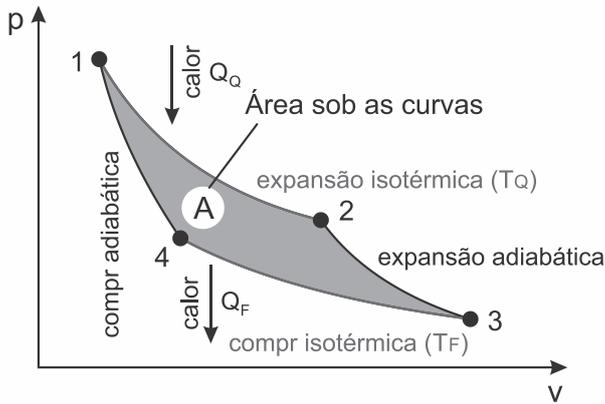
Entretanto, é importante perceber que máquinas térmicas ideais, que operam segundo o ciclo de Carnot, **não violam a segunda lei da termodinâmica**, isto é, não possuem rendimento de 100%.

O que **sempre** podemos afirmar é que nenhuma máquina térmica operando entre duas fontes, quente e fria, possui rendimento maior que uma operando conforme o ciclo de Carnot.

Para o rendimento desse ciclo teórico, devemos utilizar a expressão:

$$R = 1 - \frac{T_2}{T_1} \quad \text{ou como o processo é reversível}$$

$$R = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$



Fonte: <<http://www.mspsc.eng.br/termo/img01/termod307.gif>>. [adaptado]

Figura 5: O gráfico apresenta duas isotermas e duas adiabáticas intercaladas configurando o ciclo termodinâmico comumente chamado de ciclo de Carnot.

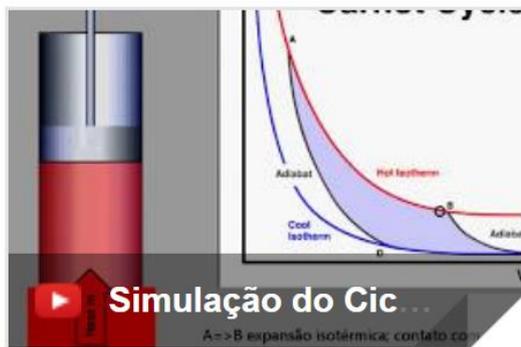


Figura 6: Animação de um pistão operando conforme o ciclo de Carnot.

<https://youtu.be/OvcLGEZDAME>

Bibliografia

Gaspar, Alberto. Física, volume 1- São Paulo: Ática, 2000

MOREIRA, M. A. Energia Entropia e Irreversibilidade. UFRGS, Porto Alegre, 1999, Grupo de Ensino de Física. Textos de Apoio ao Professor de Física, n. 9.

FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física Básica**. São Paulo: Atual, 1998. 697 p.

RAMALHO JUNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Os Fundamentos da Física**: Física 2. 9. ed. São Paulo: Moderna, 2007. 532 p.

Sistema Marista de Educação – FTD, São Paulo, 2016.

PRODUTO EDUCACIONAL –TAREFAS DE LEITURA

TL1 - 201

*Obrigatório

1. Qual o seu nome? *

2. Qual seu número de chamada? *

3. Após a leitura do texto de apoio, você achou alguma coisa confusa? *

Marcar apenas uma oval.

Sim Ir para a pergunta 4.

Não Ir para a pergunta 5.

4. Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa?

5. Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante. *

6. TL1.1 Associamos a existência de calor *

Marcar apenas uma oval.

(A) a qualquer corpo, pois todo corpo possui calor.

(B) apenas àqueles corpos que se encontram "quentes".

(C) a situações nas quais há, necessariamente, transferência de energia.

7. TL1.2 Calor é *

Marcar apenas uma oval.

(A) energia cinética das moléculas.

(B) energia transmitida somente devido a uma diferença de temperaturas.

(C) a energia contida em um corpo.

8. TL1.3 O que se modifica quando uma porção de água que já está fervendo passa, por ebulição, para o estado de vapor? *

Marcar apenas uma oval.

- (A) A sua energia interna.
- (B) O calor contido nela.
- (C) A sua temperatura.

9. TL1.4 Fonte: UFPB 2011 Todos os anos, diversos pedidos de patentes de novas máquinas são rejeitados por violarem as Leis da Termodinâmica. Em particular, o conceito de entropia é frequentemente o ponto central da falha dos projetos dessas máquinas, o que demonstra a importância da entropia. Considerando o conceito de entropia, selecione as afirmativas corretas: *

Marque todas que se aplicam.

- A reversibilidade de um processo termodinâmico é uma consequência do aumento da entropia.
- Alguns processos termodinâmicos, mesmo quando há conservação da energia, não são possíveis, pois fazem a entropia do universo diminuir.
- A entropia é uma medida da desordem do sistema.
- Quanto maior o número de estados acessíveis a um sistema, maior será a entropia desse sistema.
- De acordo com a segunda Lei da Termodinâmica, a entropia de um sistema fechado nunca decresce.

TL2 - 201

*Obrigatório

1. Qual o seu nome? *

2. Qual seu número de chamada? *

3. Após a leitura do texto de apoio, você achou alguma coisa confusa? *

Marcar apenas uma oval.

Sim Ir para a pergunta 4.

Não Ir para a pergunta 5.

4. Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa? *

5. Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante. *

6. TL1.1 Clique nas afirmações que são corretas. (Uepg 2017) Sobre os gases ideais é correto afirmar que: *

Marque todas que se aplicam.

Obedecem à lei geral dos gases, ou seja,

Dentre suas características temos que as colisões entre as partículas que os constituem são consideradas perfeitamente elásticas.

Para uma transformação isotérmica desses gases, as grandezas pressão e volume tornam-se inversamente proporcionais.

Para uma transformação isobárica o volume e a temperatura, são inversamente proporcionais, portanto, quando a temperatura aumentar, seu volume também aumentará. Logo, se o volume passar de V para $V+4$ sua temperatura passará de T para $T+4$

7. TL2.2 (Fgv 2017) Ao ser admitido no interior da câmara de combustão do motor de uma motocicleta, o vapor de etanol chega a ocupar o volume de 120 cm^3 sob pressão de 1 atm e temperatura de 127°C . Após o tempo de admissão, o pistão sobe, o volume ocupado por essa mistura diminui para 20 cm^3 e a pressão aumenta para 12 atm . Considerando a mistura um gás ideal e desprezando perdas de calor devido à rápida compressão, a temperatura do gás resultante desse processo no interior da câmara passa a ser, em $^\circ\text{C}$ de

Marcar apenas uma oval.

- a) 473
 b) 493
 c) 527
 d) 573
 e) 627

8. TL2.3 (Ufrgs 2016) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem. Segundo a Teoria Cinética dos Gases, um gás ideal é constituído de um número enorme de moléculas, cujas dimensões são desprezíveis, comparadas às distâncias médias entre elas. As moléculas movem-se continuamente em todas as direções e só há interação quando elas colidem entre si. Nesse modelo de gás ideal, as colisões entre as moléculas são _____, e a energia cinética total das moléculas _____.*

Marcar apenas uma oval.

- a) elásticas – aumenta
 b) elásticas – permanece constante
 c) elásticas – diminui
 d) inelásticas – aumenta
 e) inelásticas – diminui

TL3 - 201

*Obrigatório

1. Qual o seu nome? *

2. Qual seu número de chamada? *

3. Após a leitura do texto de apoio, você achou alguma coisa confusa? *

Marcar apenas uma oval.

Sim *Ir para a pergunta 4.*

Não *Ir para a pergunta 5.*

4. Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa? *

5. Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante. *

6. TL3.1. (Espcex (Aman) 2017) Durante um experimento, um gás perfeito é comprimido, adiabaticamente, sendo realizado sobre ele um trabalho de W . Em relação ao gás, ao final do processo, podemos afirmar que: *

Marcar apenas uma oval.

a) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.

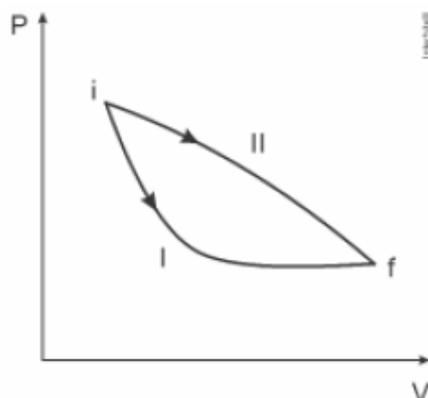
b) o volume diminuiu, a temperatura diminuiu e a pressão aumentou.

c) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.

d) o volume diminuiu, a temperatura aumentou e a pressão aumentou.

e) o volume aumentou, a temperatura aumentou e a pressão diminuiu.

7. TL3.2 (Ufrgs 2017) Observe a figura abaixo. *



A figura mostra dois processos, I e II, em um diagrama pressão (P) \times volume (V) ao longo dos quais um gás ideal pode ser levado do estado inicial i para o estado final f .

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado abaixo, na ordem em que aparecem.

De acordo com a 1ª Lei da Termodinâmica, a variação da energia interna é _____ nos dois processos. O trabalho W_I realizado no processo I é _____ que o trabalho W_{II}

Marcar apenas uma oval.

- a) igual – maior
- b) igual – menor
- c) igual – igual
- d) diferente – maior
- e) diferente – menor

8. TL3.3. (Pucrs 2016) Ondas sonoras se propagam longitudinalmente no interior dos gases a partir de sucessivas e rápidas compressões e expansões do fluido. No ar, esses processos podem ser considerados como transformações adiabáticas, principalmente devido à rapidez com que ocorrem e também à baixa condutividade térmica deste meio. Por aproximação, considerando-se que o ar se comporte como um gás ideal, a energia interna de uma determinada massa de ar sofrendo compressão adiabática _____; portanto, o _____ trocado com as vizinhanças da massa de ar seria responsável pela transferência de energia. *

Marcar apenas uma oval.

- a) diminuiria – calor
- b) diminuiria – trabalho
- c) não variaria – trabalho
- d) aumentaria – calor
- e) aumentaria – trabalho

9. TL3.4. (G1 - ifsul 2016) No estudo da termodinâmica dos gases perfeitos, são parâmetros básicos as grandezas físicas quantidade de calor trabalho e energia interna associadas às transformações que um gás perfeito pode sofrer. Analise as seguintes afirmativas referentes às transformações termodinâmicas em um gás perfeito: *

Marcar apenas uma oval.

- I. Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação adiabática, o trabalho que o sistema troca com o meio externo é nulo.
- II. Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação isotérmica, a variação da energia interna é nula
- III. Quando determinada massa de gás perfeito sofre uma transformação isométrica, a variação da energia interna sofrida pelo sistema é igual a quantidade de calor trocado com o meio externo.

TL4 - 201

*Obrigatório

1. Qual o seu nome? *

2. Qual seu número de chamada? *

3. Após a leitura do texto de apoio, você achou alguma coisa confusa? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim *Ir para a pergunta 4.*
- Não *Ir para a pergunta 5.*

4. Qual(is) parte(s) do material de apoio você achou confusa? *

5. Dentre os conceitos que você aprendeu, destaque aquele que achou mais importante.*

6. TL4.1. (Uece 2016) O processo de expansão ou compressão de um gás em um curto intervalo de tempo pode representar um processo termodinâmico que se aproxima de um processo adiabático. Como exemplo, pode-se mencionar a expansão de gases de combustão em um cilindro de motor de automóvel em alta rotação. É correto afirmar que, em um processo adiabático no sistema,*

Marcar apenas uma oval.

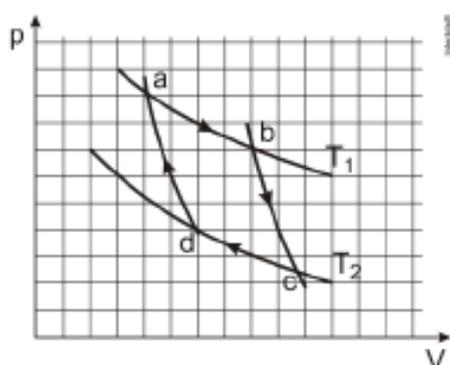
- a) a temperatura é constante e o trabalho realizado pelo sistema é nulo.
- b) não há transferência de calor.
- c) a pressão e o volume são constantes.
- d) a energia interna é variável e a pressão é constante.

7. TL4.2 (Enem 2ª aplicação 2016) Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e outra fria), obter de rendimento. Tal limitação ocorre porque essas máquinas *

Marcar apenas uma oval.

- a) realizam trabalho mecânico.
- b) produzem aumento da entropia.
- c) utilizam transformações adiabáticas.
- d) contrariam a lei da conservação de energia.
- e) funcionam com temperatura igual à da fonte quente.

8. TL4.3. (Udesc 2010) No diagrama a seguir, está representado o ciclo termodinâmico da máquina de Carnot, considerada ideal porque tem o maior rendimento entre as máquinas térmicas. O sistema recebe calor da fonte quente à temperatura e transfere calor para a fonte fria à temperatura *



Com relação às transformações termodinâmicas que constituem esse ciclo, é correto afirmar que o sistema passa por uma:

Marcar apenas uma oval.

- a) expansão adiabática entre os estados B e D.
- b) expansão isovolumétrica entre os estados B e C.
- c) compressão isobárica entre os estados C e D.
- d) expansão isotérmica entre os estados A e B.
- e) compressão isotérmica entre os estados D e A.

9. TL4.4. (Uel 2005) Uma das grandes contribuições para a ciência do século XIX foi a introdução, por Sadi Carnot, em 1824, de uma lei para o rendimento das máquinas térmicas, que veio a se transformar na lei que conhecemos hoje como Segunda Lei da Termodinâmica. Na sua versão original, a afirmação de Carnot era: todas as máquinas térmicas reversíveis ideais, operando entre duas temperaturas, uma maior e outra menor, têm a mesma eficiência, e nenhuma máquina operando entre essas temperaturas pode ter eficiência maior do que uma máquina térmica reversível ideal. Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, é correto afirmar: *

Marcar apenas uma oval.

- a) A afirmação, como formulada originalmente, vale somente para máquinas a vapor, que eram as únicas que existiam na época de Carnot.
- b) A afirmação de Carnot introduziu a ideia de Ciclo de Carnot, que é o ciclo em que operam, ainda hoje, nossas máquinas térmicas.
- c) A afirmação de Carnot sobre máquinas térmicas pode ser encarada como uma outra maneira de dizer que há limites para a possibilidade de aprimoramento técnico, sendo impossível obter uma máquina com rendimento maior do que a de uma máquina térmica ideal.
- d) A afirmação de Carnot introduziu a ideia de Ciclo de Carnot, que veio a ser o ciclo em que operam, ainda hoje, nossos motores elétricos.
- e) Carnot viveu em uma época em que o progresso técnico era muito lento, e sua afirmação é hoje desprovida de sentido, pois o progresso técnico é ilimitado.

PRODUTO EDUCACIONAL – TESTES CONCEITUAIS**Testes Conceituais (Capítulo 1)**

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.1 Para se admitir a existência de calor

- (A) basta um único sistema (corpo).
- (B) são necessários, pelo menos, dois sistemas.
- (C) basta um único sistema, mas ele deve estar "quente".

Gabarito: B

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.2 Para se admitir a existência de calor deve haver:

- (A) uma diferença de temperatura.
- (B) uma diferença de massas.
- (C) uma diferença de energias.

Gabarito: A

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.3 No interior de um quarto que não tenha sido aquecido ou refrigerado durante vários dias

- (A) a temperaturas dos objetos de metal é inferior à dos objetos de madeira.
- (B) a temperatura dos objetos de metal, das cobertas e dos demais objetos é a mesma.
- (C) nenhum objeto apresenta temperatura.

Gabarito: B

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.4 Dois cubos metálicos A e B são postos em contato. A está mais "quente" do que B. Ambos estão mais "quentes" do que o ambiente. Após um certo tempo, a temperatura de A e B será

- (A) igual à temperatura do ambiente
- (B) igual à temperatura inicial de B
- (C) uma média entre as temperaturas iniciais de A e B.

Gabarito: A

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.5 Uma mistura de gelo e água a $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, é mantida isolada a essa temperatura. Nessas condições

- (A) funde-se todo o gelo
- (B) funde-se parte do gelo
- (C) não funde gelo

Gabarito: C

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.6 Considere duas esferas idênticas, uma em um forno quente e a outra em uma geladeira. Basicamente em que diferem elas imediatamente após terem sido retiradas do forno e da geladeira respectivamente?

- (A) Na quantidade de calor contida em cada uma delas.
- (B) Na temperatura de cada uma delas.
- (C) Uma delas contém calor e a outra não.

Gabarito: B

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.7 Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes ficam durante muito tempo em um forno. Ao serem retiradas do forno, são imediatamente colocadas em contato. Nessa situação.

- (A) calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- (B) calor contido na esfera de menor massa passa para a de maior massa.
- (C) não há transferência de energia na forma de calor entre as esferas.

Gabarito: C

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.8 Objetos de metal e de plástico são colocados no interior de um "freezer" que se encontra a -20°C . Depois de alguns dias, pode-se afirmar que a temperatura dos objetos de plástico é

- (A) maior que a dos objetos de metal.
- (B) menor que a dos objetos de metal.
- (C) igual à dos objetos de metal.

Gabarito: C

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.9 A água (a 0°C) que resulta da fusão de um cubo de gelo (a 0°C), contém, em relação ao gelo

- (A) mais energia
- (B) menos energia
- (C) a mesma energia

Gabarito: A

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.10 Duas esferas de mesmo material, porém de massas diferentes são deixadas durante muito tempo em uma geladeira. Nessa situação, ao serem retiradas e imediatamente colocadas em contato:

- (A) nada acontece, pois, todo o calor contido nas esferas foi removido.
- (B) calor contido na esfera de maior massa passa para a de menor massa.
- (C) não há condições para transferência de energia na forma de calor.

Gabarito: C

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.11 Complete a seguinte frase

"O aumento de temperatura que você percebe quando esfrega suas mãos é resultado de _____. Consequentemente há condução de _____ para o interior das mãos, resultando, em função disso, um aumento de _____ .

- (A) trabalho, calor, energia interna.
- (B) calor, energia, temperatura.
- (C) trabalho, temperatura, calor.

Gabarito: A

Testes conceituais sobre CALOR Rolando Axt, Vitor Hugo Guimarães e Marco A. Moreira

TC1.12 Estando à pressão atmosférica, nitrogênio líquido entra em ebulição a -196 °C. Um grama de nitrogênio líquido, a essa temperatura, comparado com um grama de vapor de nitrogênio, também a -196 °C, possui

- (A) mais energia
- (B) menos energia
- (C) a mesma energia

Gabarito: B

TC1.13 (G1 - IFBA 2018 - Adaptada) Analise as proposições e indique a verdadeira:

- a) Calor e energia térmica são a mesma coisa, podendo sempre ser usados tanto um termo quanto o outro, indiferentemente.
- b) Dois corpos estão em equilíbrio térmico quando possuem quantidades iguais de energia térmica.
- c) O calor sempre flui da região de menor temperatura para a de maior temperatura.
- d) Calor é energia térmica em trânsito, fluindo espontaneamente da região de maior temperatura para a de menor temperatura.

Gabarito: D

TC1.14 (ITA 2018) No livro Teoria do Calor (1871), Maxwell, escreveu referindo-se a um recipiente cheio de ar:

“... iniciando com uma temperatura uniforme, vamos supor que um recipiente é dividido em duas partes por uma divisória na qual existe um pequeno orifício, e que um ser que pode ver as moléculas individualmente abre e fecha esse orifício de tal modo que permite somente a passagem de moléculas rápidas de A para B e somente as lentas de B para A. Assim, sem realização de trabalho, ele aumentará a temperatura de B e diminuirá a temperatura de A em contradição com...”.

Assinale a opção que melhor completa o texto de Maxwell.

- a) a primeira lei da termodinâmica.
- b) a segunda lei da termodinâmica.
- c) a lei zero da termodinâmica.
- d) o teorema da energia cinética.

Gabarito: B

TC1.15 (Esc. Naval 2013 - adaptada) Analise as afirmativas abaixo referentes à entropia.

I. Num dia úmido, o vapor de água se condensa sobre uma superfície fria. Na condensação, a entropia da água diminui.

II. Num processo termodinâmico reversível, a entropia do sistema se mantém constante.

III. A entropia de um sistema nunca pode diminuir.

IV. A entropia do universo nunca pode diminuir.

Assinale a opção que contém apenas afirmativas corretas.

a) II e III b) III e IV c) I, II e III d) II, III e IV

Gabarito: D

TC1.16 (ITA 2011 - adaptada) A inversão temporal de qual dos processos abaixo NÃO violaria a segunda lei de termodinâmica?

a) A queda de um objeto de uma altura H e subsequente parada no chão.

b) O movimento de um satélite ao redor da Terra.

c) A freada brusca de um carro em alta velocidade.

d) O esfriamento de um objeto quente num banho de água fria.

Gabarito: B

Testes Conceituais (Capítulo 2)

TC2.1 (PUCRS 2016) Para responder à questão, considere as afirmativas sobre as transformações gasosas a que uma amostra de massa constante de um gás ideal pode ser submetida.

I. Em uma transformação isotérmica, não ocorre troca de calor entre o gás e o meio externo.

II. Em uma transformação isobárica, o volume e a temperatura absoluta do gás são diretamente proporcionais.

III. Em uma transformação isométrica, o calor trocado com o gás é integralmente utilizado para variar sua energia interna.

Está/Estão correta(s) a(s) afirmativa(s)

a) I, apenas. b) II, apenas. c) I e III, apenas. d) II e III, apenas. e) I, II e III.

Gabarito: D

TC2.2 (UFPR 2012) Segundo a teoria cinética, um gás é constituído por moléculas que se movimentam desordenadamente no espaço do reservatório onde o gás está armazenado. As colisões das moléculas entre si e com as paredes do reservatório são perfeitamente elásticas. Entre duas colisões sucessivas, as moléculas descrevem um MRU. A energia cinética de translação das moléculas é diretamente proporcional à temperatura do gás. Com base nessas informações, considere as seguintes afirmativas:

1. As moléculas se deslocam todas em trajetórias paralelas entre si.
2. Ao colidir com as paredes do reservatório, a energia cinética das moléculas é conservada.
3. A velocidade de deslocamento das moléculas aumenta se a temperatura do gás for aumentada.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa 3 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

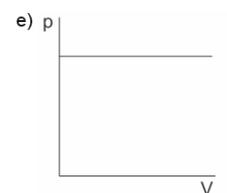
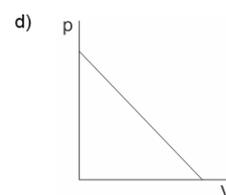
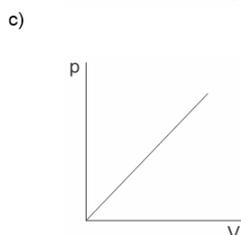
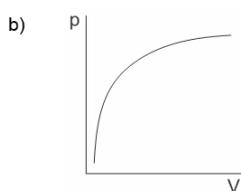
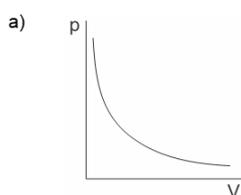
Gabarito: D

TC2.3. (ESPCEX (AMAN) 2012) Para um gás ideal ou perfeito temos que:

- a) as suas moléculas não exercem força uma sobre as outras, exceto quando colidem.
- b) as suas moléculas têm dimensões consideráveis em comparação com os espaços vazios entre elas.
- c) mantido o seu volume constante, a sua pressão e a sua temperatura absoluta são inversamente proporcionais.
- d) a sua pressão e o seu volume, quando mantida a temperatura constante, são diretamente proporcionais.
- e) sob pressão constante, o seu volume e a sua temperatura absoluta são inversamente proporcionais.

Gabarito: A

TC2.4 - (UFRGS 2017) Considere que certa quantidade de gás ideal, mantida a temperatura constante, está contida em um recipiente cujo volume pode ser variado. Assinale a alternativa que melhor representa a variação da pressão (p) exercida pelo gás, em função da variação do volume (V) do recipiente.



Gabarito: A

TC2.5 - (PUCRJ 2017) Uma certa quantidade de gás ideal ocupa inicialmente um volume V_0 com pressão P_0 . Se sobre esse gás se realiza um processo isotérmico dobrando sua pressão para $2 P_0$ qual será o volume final do gás?

- a) $V_0/3$
- b) $V_0/2$
- c) V_0
- d) $2 V_0$

Gabarito: B

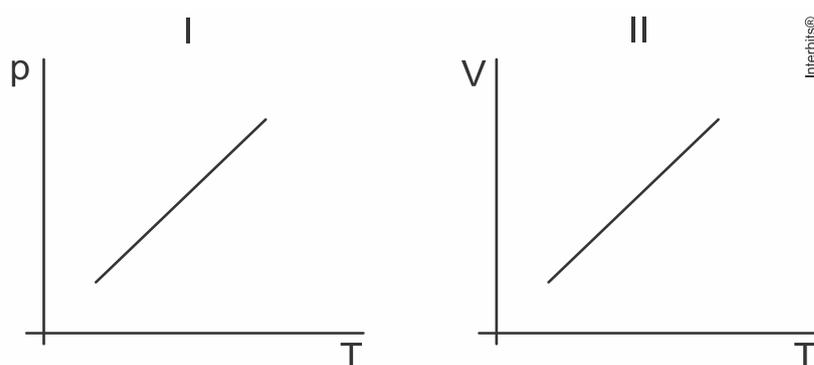
TC2.6 (G1 - IFSUL 2017) Um balão de borracha, está completamente cheio com um litro de ar, a pressão de uma atmosfera e na temperatura de 300K. Nessas condições, o balão é colocado dentro de um refrigerador criogênico à temperatura de 100K e a borracha permanece flexível enquanto esfria.

Com base nas informações acima, o volume do balão

- a) diminui para $\frac{1}{3}$ L.
- b) aumenta para $\frac{1}{\sqrt{3}}$ L.
- c) fica constante.
- d) aumenta para $\sqrt{3}$ L.

Gabarito: A

TC2.7 (UFRGS 2016) Nos gráficos I e II abaixo, (P) representa a pressão a que certa massa de gás ideal está sujeita, (T) a sua temperatura e (V) o volume por ela ocupado.

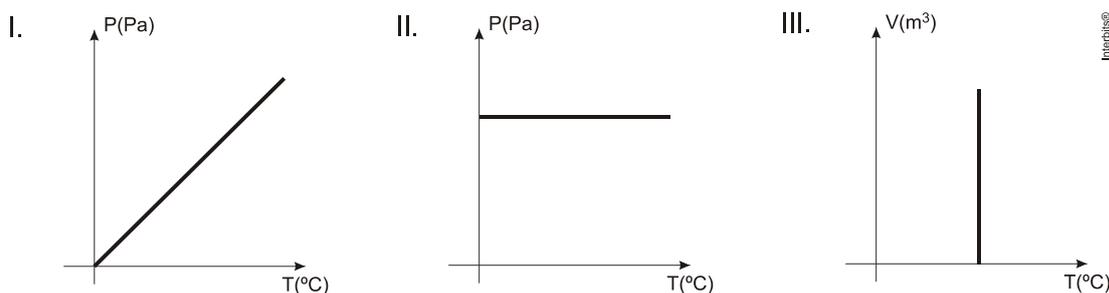


Escolha a alternativa que identifica de forma correta as transformações sofridas por esse gás, representadas, respectivamente, em I e II.

- a) Isobárica e isocórica.
- b) Isotérmica e isocórica.
- c) Isotérmica e isobárica.
- d) Isocórica e isobárica.
- e) Isocórica e isotérmica.

Gabarito: D

TC2.8 (UDESC 2011) Uma dada massa gasosa, que está limitada em um cilindro por um êmbolo móvel, sofre as transformações representadas pelos seguintes gráficos:



Assinale a alternativa que contém a correta classificação das três transformações apresentadas acima.

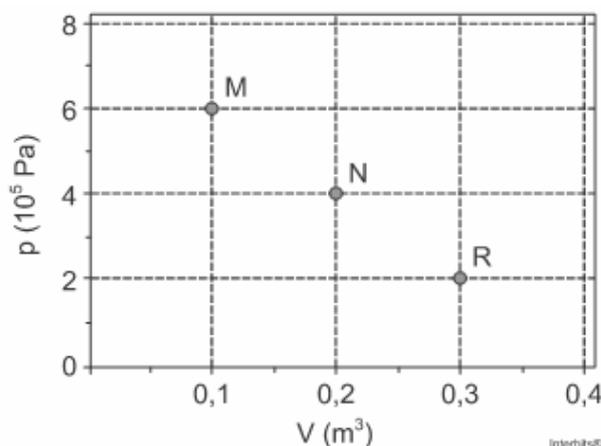
- a) I. isovolumétrica / II. isobárica / III. isotérmica.
- b) I. isotérmica / II. isobárica / III. isovolumétrica.
- c) I. isobárica / II. isovolumétrica / III. isotérmica.

d) I. isovolumétrica / II. isotérmica / III. isobárica.

e) I. isobárica / II. isotérmica / III. isovolumétrica.

Gabarito: A

TC2.9 A figura abaixo apresenta um diagrama Pressão x Volume. Nele, os pontos M, N e R representam três estados de uma mesma amostra de gás ideal.

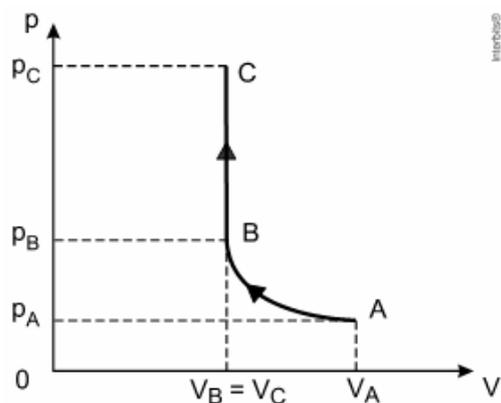


Assinale a alternativa que indica corretamente a relação entre as temperaturas absolutas T_M , T_N e T_R dos respectivos estados M, N e R.

- a) $T_R < T_M > T_N$
- b) $T_R > T_M > T_N$
- c) $T_R = T_M > T_N$
- d) $T_R = T_M < T_N$.

Gabarito: D

TC2.10 (FGV 2015) O gráfico ilustra o comportamento das pressões (p), em função dos volumes (V), em duas transformações consecutivas, AB e BC sofridas por certa massa de gás encerrada em um recipiente dotado de êmbolo, como o cilindro de um motor à explosão. Sabe-se que há uma relação entre os volumes ocupados pelo gás na transformação AB ($V_A = 2 V_B$), e também entre as pressões ($p_C = 2.p_B = 4.p_A$).



É correto afirmar que as transformações AB e BC pelas quais o gás passou foram, respectivamente,

- a) isotérmica e isométrica
- b) isotérmica e isobárica
- c) isocórica e isobárica
- d) isobárica e isométrica

Gabarito: A

TC2.11 (UECE 2017) Considere dois sistemas compostos por gases ideais, com massas moleculares diferentes, cada um em um recipiente com isolamento térmico.

A pressão, o volume e a temperatura são tais que $\frac{PV}{RT}$ é o mesmo para ambos. É correto afirmar que

- A) o número de moles de gás em cada recipiente é igual, mas as massas são diferentes.
- B) o número de moles de gás em cada recipiente é igual, assim como as massas também são iguais.
- C) o número de moles de gás em cada recipiente é diferente, mas as massas são iguais.

D) o número de moles de gás em cada recipiente é diferente, assim como as massas são diferentes.

Gabarito: C

TC2.12 (UECE) Em um gás ideal, a pressão, o volume e a temperatura são relacionados pela equação $PV = n.R.T$. Para esse gás, a razão entre a pressão e a temperatura é:

- a) inversamente proporcional à densidade do gás.
- b) não depende da densidade do gás.
- c) diretamente proporcional ao quadrado da densidade do gás.
- d) diretamente proporcional à densidade do gás.

Gabarito: D

Testes Conceituais (Capítulo 3)

TC3.1(UDESC 2015) Analise as proposições com relação às leis da termodinâmica.

I. A variação da energia interna de um sistema termodinâmico é igual à soma da energia na forma de calor fornecida ao sistema e do trabalho realizado sobre o sistema.

II. Um sistema termodinâmico isolado e fechado aumenta continuamente sua energia interna.

III. É impossível realizar um processo termodinâmico cujo único efeito seja a transferência de energia térmica de um sistema de menor temperatura para um sistema de maior temperatura.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.

- b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa II é verdadeira.
- e) Todas afirmativas são verdadeiras.

Gabarito: C

TC3.2 (UFRGS 2002) É correto afirmar que, durante a expansão isotérmica de uma amostra de gás ideal,

- a) o trabalho realizado pelo gás é igual à variação da sua energia interna.
- b) o calor absorvido pelo gás é nulo.
- c) o trabalho realizado pelo gás é nulo.
- d) o trabalho realizado pelo gás é igual ao calor absorvido pelo mesmo.

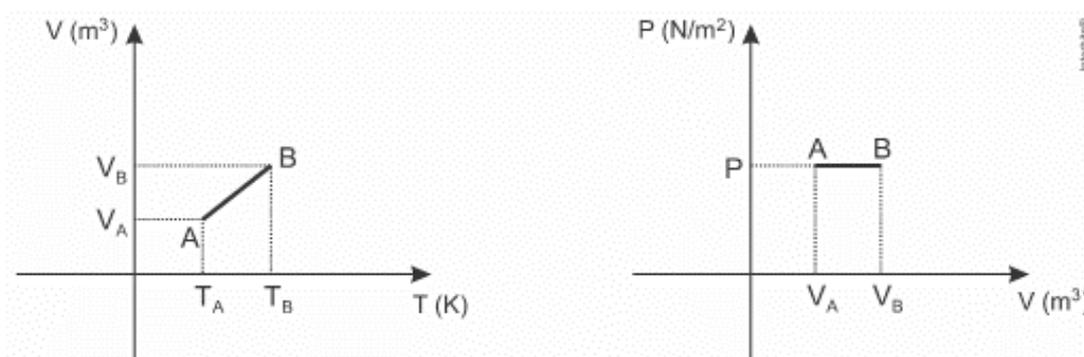
Gabarito D

TC3.3 (UDESC 2015) Em um laboratório de física são realizados experimentos com um gás que, para fins de análises termodinâmicas, pode ser considerado um gás ideal. Da análise de um dos experimentos, em que o gás foi submetido a um processo termodinâmico, concluiu-se que todo calor fornecido ao gás foi convertido em trabalho. Assinale a alternativa que representa corretamente o processo termodinâmico realizado no experimento.

- a) processo isovolumétrico
- b) processo isotérmico
- c) processo isobárico
- d) processo isométrico

Gabarito: B

TC3.4 (G1-IFSUL 2015) Uma amostra de gás ideal sofre uma transformação termodinâmica entre dois estados A e B. As características dessa transformação estão indicadas nos gráficos do Volume (V) em função da Temperatura Absoluta (T) e da Pressão (P) em função do Volume (V), representados a seguir.



Analise as seguintes afirmativas referentes à transformação termodinâmica entre os estados A e B:

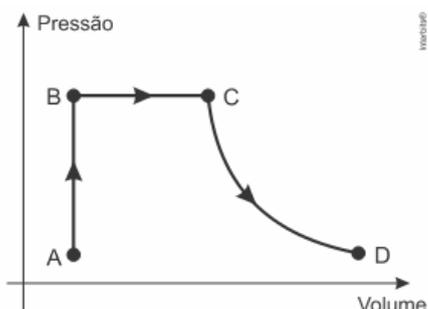
- I. A transformação é isobárica.
- II. O Volume (V) e a Temperatura Absoluta (T) são diretamente proporcionais.
- III. O Trabalho Total realizado pelo sistema é nulo.
- IV. A Energia Interna da amostra permanece constante.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmativa(s)

- a) I. b) I e II. c) II e IV. d) III e IV.

Gabarito: B

TC3.5 (PUCRS 2015) Analise a figura abaixo, que representa transformações termodinâmicas às quais um gás ideal está submetido, e complete as lacunas do texto que segue.



De acordo com o gráfico, a temperatura do gás no estado A é _____ do que a do estado B. A transformação BC é _____, e o trabalho envolvido na transformação CD é _____ do que zero.

- a) maior – isobárica – maior
- b) menos – isométrica – maior
- c) menor – isobárica – menor
- d) menor – isobárica - maior

Gabarito: D

TC3.6 (UNIFOR CE) Dispõe-se de duas amostras iguais de um mesmo gás, nas mesmas condições de pressão e temperatura. As duas são aquecidas até a mesma temperatura final: uma delas, isobaricamente, e a outra, isometricamente.

É correto afirmar que

- a) a variação da energia interna do gás foi a mesma para as duas transformações.
- b) para as duas transformações, o calor fornecido foi o mesmo.
- c) no processo isobárico todo o calor fornecido foi transformado em energia interna do gás.
- d) o trabalho realizado no processo isobárico é menor que no isométrico.
- e) no processo isobárico, o trabalho realizado foi igual à variação da energia interna do gás.

Gabarito: A

TC3.7 (UDESC 2018) Um gás ideal monoatômico, com n mols e inicialmente na temperatura absoluta T , sofre uma expansão adiabática até que sua temperatura fique a um terço de sua temperatura inicial.

Logo, o gás:

- a) absorveu uma quantidade de calor igual a nRT .
- b) se expandiu isobaricamente.
- c) realizou trabalho liberando uma quantidade de calor igual a nRT .
- d) realizou trabalho e sua energia interna diminuiu de nRT .

Gabarito D

TC3.8 (UFRGS 2014) Considere um processo adiabático no qual o volume ocupado por um gás ideal é reduzido a $1/5$ do volume inicial.

É correto afirmar que, nesse processo,

- a) a energia interna do gás diminui.
- b) a razão T/p (T temperatura, p pressão) torna-se 5 vezes o valor inicial.
- c) a pressão e a temperatura do gás aumentam.
- d) o trabalho realizado sobre o gás é igual ao calor trocado com o meio externo.
- e) a densidade do gás permanece constante.

Gabarito: C

TC3.9 (PUCRS 2004) Responder à questão com base nas afirmações a seguir.

I. A energia trocada entre dois sistemas, unicamente devida à diferença de temperatura entre ambos, chama-se calor.

II. Na transformação adiabática de um gás, sua energia interna permanece constante.

III. A energia interna de um sistema não depende do número de partículas que o constituem.

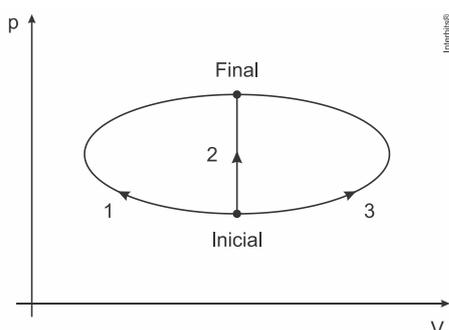
IV. A temperatura absoluta de um sistema depende do número de partículas que o constituem.

Pela análise das afirmações, conclui-se que somente

- a) está correta a I.
- b) está correta a II.
- c) está correta a III.
- d) estão corretas a I e a III.
- e) estão corretas a II e a IV.

Gabarito A

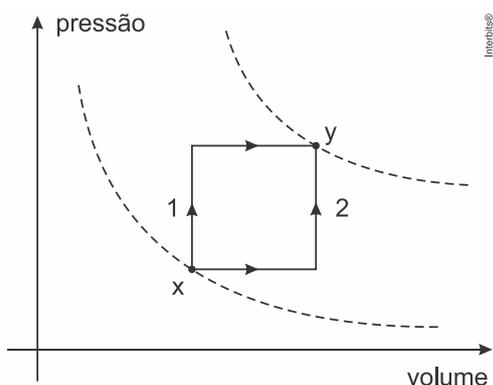
TC3.10 (UPE-SSA 2 2018) Dois mol de um gás ideal podem ser levados do estado inicial a um estado final por três processos diferentes (1, 2 e 3), conforme ilustra o diagrama pressão p em função do volume V a seguir. Então, acerca do calor absorvido pelo gás, é CORRETO afirmar que



- a) é maior no processo 1 que no processo 3.
- b) é maior no processo 3 que no processo 1.
- c) o maior calor absorvido ocorre no processo 3.
- d) o menor calor absorvido ocorre no processo 2.
- e) são iguais nos processos 1 e 3.

Gabarito A

TC3.11 (EPCAR (Afa) 2018) Um sistema gasoso constituído por n mols de um gás perfeito passa do estado x para o estado y por meio dos processos distintos 1 e 2 mostrados no esquema a seguir.

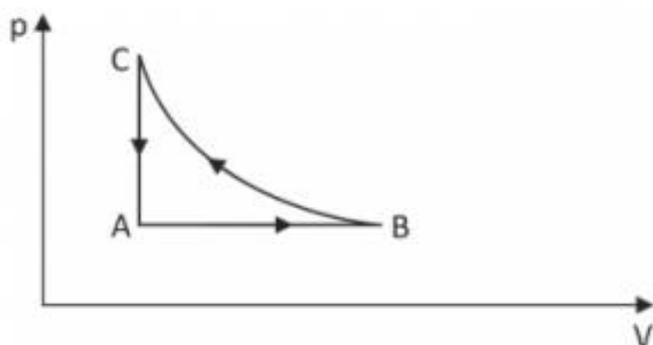


Se no processo 2 o sistema realiza um trabalho de 200J e absorve uma quantidade de calor de 500J é correto afirmar que

- a) quando o sistema for trazido de volta ao estado inicial X sua energia interna irá diminuir de 700J.
- b) a variação da energia interna será a mesma tanto no processo 1 quanto no 2.
- c) o trabalho realizado no processo 1 será igual ao trabalho realizado no processo 2.
- d) se no processo 1 o trabalho realizado for de 400J o calor recebido será de 1000J.

Gabarito B

TC3.12 Certa quantidade de gás sofre três transformações sucessivas, A-B, B-C e C-A, conforme o diagrama p-V apresentado na figura abaixo. A respeito dessas transformações, afirmou-se o seguinte:



Note e adote:
o gás deve ser tratado como ideal;
a transformação B → C é isotérmica.

- I. O trabalho total realizado no ciclo ABCA é nulo.
- II. A energia interna do gás no estado C é maior que no estado A.
- III. Durante a transformação A'B, o gás recebe calor e realiza trabalho.

Está correto apenas o que se afirma em

- a) I.
- b) II.
- c) I e II.
- d) II e III.

Gabarito: D

Testes Conceituais (Capítulo 4)

TC4.1 (UPF 2018) São várias as reportagens veiculadas na mídia que mostram pessoas tentando construir um motor que não necessita fornecimento contínuo de energia externa para funcionar, ao que se denomina de “moto perpétuo”. Essas máquinas têm como objetivo gerar energia para manter o seu próprio movimento, bastando dar um impulso inicial e o movimento se dará de forma perpétua.

Se essa máquina funcionasse, necessariamente se estaria violando a

- a) Lei da Conservação de Energia.
- b) Primeira Lei de Newton.
- c) Lei da Conservação de Quantidade de Movimento.
- d) Equação geral dos gases.

Gabarito: A

TC4.2 (ENEM 2ª aplicação 2016) Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e outra fria), obter 100% de rendimento.

Tal limitação ocorre porque essas máquinas

- a) realizam trabalho mecânico.
- b) produzem aumento da entropia.
- c) utilizam transformações adiabáticas.
- d) contrariam a lei da conservação de energia.
- e) funcionam com temperatura igual à da fonte quente.

Gabarito: B

TC4.3 (UECE 2015) Em um motor de carro convencional a primeira transformação de energia em trabalho ocorre dentro do cilindro que aloja o pistão. De modo simplificado, pode-se entender esse sistema como um cilindro fechado contendo um êmbolo móvel, que é o pistão. Em um dado instante a mistura ar e combustível sofre combustão forçando os gases resultantes dessa queima a sofrerem expansão, movimentando o pistão ao longo do eixo do cilindro.

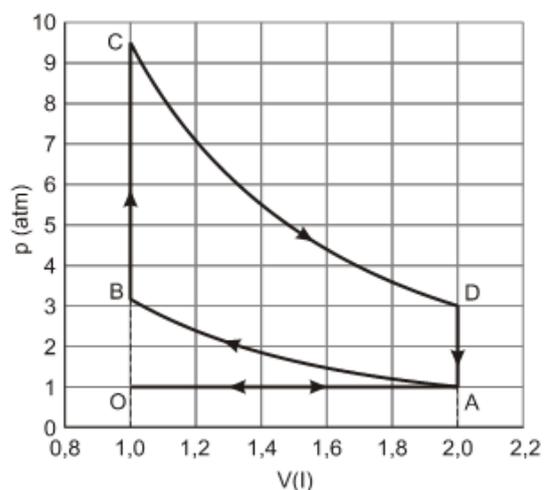
É correto afirmar que a energia térmica contida nos gases imediatamente após a combustão é

- a) parte transferida na forma de calor para o ambiente e parte convertida em energia cinética do pistão.
- b) totalmente transferida como calor para o ambiente.
- c) totalmente convertida em trabalho sobre o pistão.
- d) parte convertida em trabalho sobre o pistão e o restante convertida em energia cinética também do pistão.

Gabarito: A

TC4.4 (UFRGS - adaptada) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem.

A figura a seguir representa simplificada o diagrama $p \times V$, sendo p dada em atm e V dado em l, para um ciclo de uma máquina térmica que opera com um gás ideal. Considere que, durante o percurso ABCD, o número de partículas do gás permanece constante.



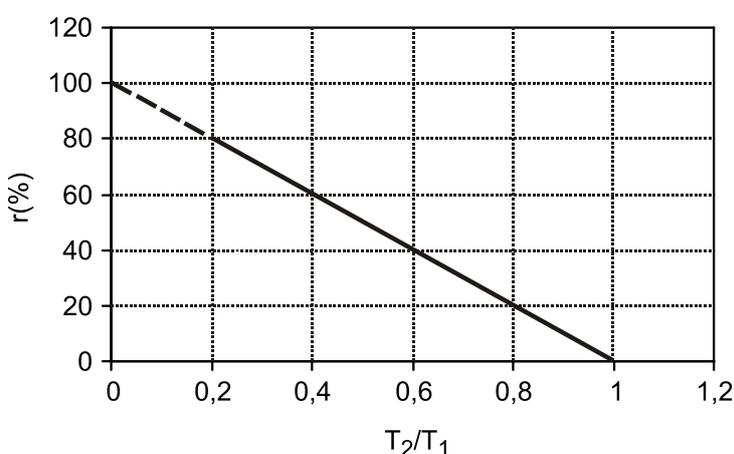
As etapas AB e CD do ciclo representado na figura são processos..... . Sendo assim,..... troca de entre a máquina térmica e o ambiente.

- a) isotérmicos - há - trabalho
- b) isotérmicos - não há - trabalho
- c) adiabáticos - não há - calor
- d) adiabáticos - há - calor

Gabarito: C

TC4.5 (PUCRS 2010) Para responder a questão, considere o texto e o gráfico, o qual relaciona o rendimento de uma máquina de Carnot e a razão T_2/T_1 das temperaturas em que opera a máquina.

O ciclo de Carnot é um ciclo termodinâmico especial, pois uma máquina térmica que opera de acordo com este ciclo entre duas temperaturas T_1 e T_2 , com T_1 maior do que T_2 , obtém o máximo rendimento possível. O rendimento r de uma máquina térmica é definido como a razão entre o trabalho líquido que o fluido da máquina executa e o calor que absorve do reservatório à temperatura T_1 .

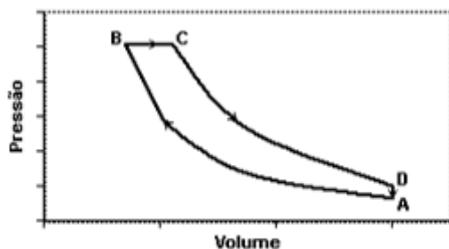


Pode-se concluir, pelo gráfico e pelas leis da termodinâmica, que o rendimento da máquina de Carnot aumenta quando a razão T_2/T_1 diminui,

- a) alcançando 100% quando T_2 vale 0°C .
- b) alcançando 100% quando T_1 é muito maior do que T_2 .
- c) mas só alcança 100% porque representa o ciclo ideal.
- d) mas nunca alcança 100%.

Gabarito: D

TC4.6 (PUCRS 2006 – adaptada) Motores de potências relativamente altas são utilizados em embarcações marítimas, locomotivas, geradores e caminhões, tendo por base o ciclo Diesel de quatro tempos. Esses motores, em geral, são alimentados com a injeção direta de combustível em cada cilindro. O gráfico a seguir, da pressão em função do volume, representa esquematicamente o ciclo Diesel, por meio de seus quatro processos: “compressão adiabática” AB, “expansão isobárica” BC, “expansão adiabática” CD e transformação isovolumétrica” DA.

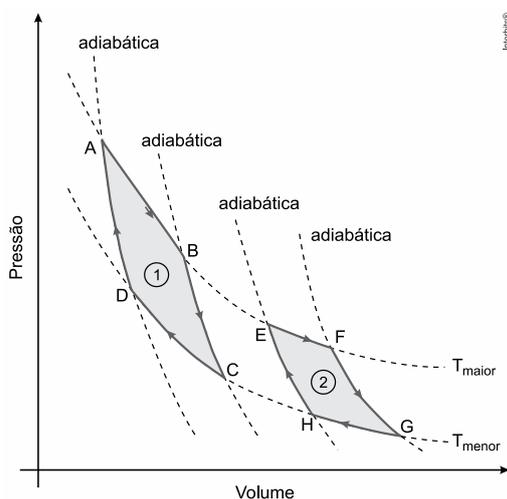


Considerando o ciclo Diesel apresentado no gráfico,

- a) a temperatura aumenta durante o processo AB.
- b) a temperatura diminui durante o processo BC.
- c) não há variação de temperatura durante o processo AB.
- d) a temperatura aumenta durante o processo CD.

Gabarito: A

TC4.7 (FAMEMA 2017) Duas máquinas térmicas ideais, 1 e 2, têm seus ciclos termodinâmicos representados no diagrama pressão \times volume, no qual estão representadas quatro transformações isotérmicas (T_{maior} e T_{menor}) e quatro transformações adiabáticas. O ciclo ABCDA refere-se à máquina 1 e o ciclo EFGHE, à máquina 2.



Sobre essas máquinas, é correto afirmar que, a cada ciclo realizado,

- o rendimento da máquina 1 é maior do que o da máquina 2.
- a variação de energia interna sofrida pelo gás na máquina 1 é maior do que na máquina 2.
- o rendimento da máquina 2 é maior do que o da máquina 1.
- nenhuma delas transforma integralmente calor em trabalho.

Gabarito: D

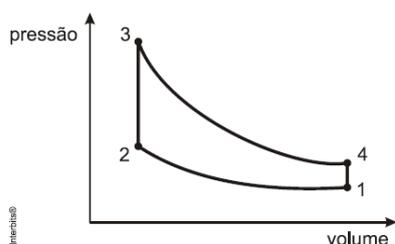
TC4.8 (UFSM 2015) Uma das maneiras de se obter sal de cozinha é a sua extração a partir de sítios subterrâneos. Para a realização de muitas das tarefas de mineração, são utilizadas máquinas térmicas, que podem funcionar, por exemplo, como motores para locomotivas, bombas de água e ar e refrigeradores. A respeito das propriedades termodinâmicas das máquinas térmicas, qual das alternativas é INCORRETA?

- O rendimento de uma máquina térmica funcionando como motor será máximo quando a maior parte da energia retirada da fonte quente for rejeitada, transferindo-se para a fonte fria.

- b) Dentre as consequências da segunda lei da termodinâmica, está a impossibilidade de se construir uma máquina térmica com rendimento de 100%.
- c) Máquinas térmicas necessitam de duas fontes térmicas com temperaturas diferentes para operar.
- d) Todas as etapas de uma máquina térmica operando no ciclo de Carnot são reversíveis.

Gabarito: A

TC4.9 (PUCRS) O ciclo Otto é um ciclo termodinâmico constituído por dois processos adiabáticos e dois processos isovolumétricos, como mostra o gráfico que segue.



Num motor que opera segundo este ciclo, um pistão inicialmente na posição correspondente ao máximo volume, estado 1, comprime o ar até que atinja o volume mínimo, estado 2. Então ocorre a combustão, resultando em um súbito aumento da pressão enquanto o volume permanece constante, levando o ar ao estado 3. O processo que segue é a ejeção de potência quando o ar expande adiabaticamente para o estado 4. No processo final, calor é transferido para a vizinhança e o ciclo é completado.

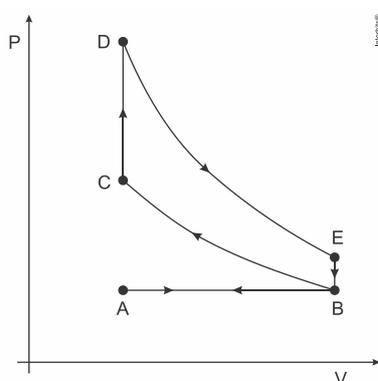
A partir das informações obtidas pela análise do gráfico representativo do ciclo Otto e de acordo com as leis da termodinâmica, é correto afirmar que:

- a) o calor líquido trocado no ciclo é nulo, visto que a temperatura final é igual à temperatura inicial.
- b) o sistema realiza um trabalho líquido nulo durante o ciclo, pois o volume final é igual ao volume inicial.
- c) a variação da energia interna no ciclo é zero, porque o estado final é igual ao estado inicial.

d) o trabalho realizado no processo de compressão adiabática é maior do que o realizado no processo de expansão adiabática.

Gabarito: C

TC4.10 (ENEM 2ª aplicação 2016) O motor de combustão interna, utilizado no transporte de pessoas e cargas, é uma máquina térmica cujo ciclo consiste em quatro etapas: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. Essas etapas estão representadas no diagrama da pressão em função do volume. Nos motores a gasolina, a mistura ar/combustível entra em combustão por uma centelha elétrica.

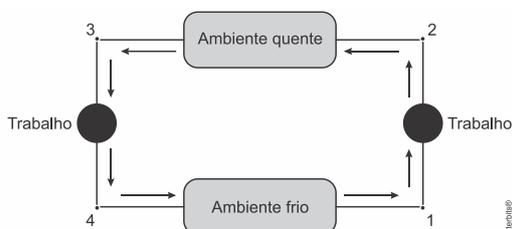


Para o motor descrito, em qual ponto do ciclo é produzida a centelha elétrica?

- a) A b) B c) C d) D

Gabarito: C

TC4.11 (UFU 2016) Em um refrigerador, o fluido refrigerante passa por processos termodinâmicos que permitem que o calor seja removido de um ambiente à baixa temperatura e levado para outro de temperatura maior. Nesse processo, ora o trabalho é realizado sobre o fluido refrigerante, ora é ele que realiza trabalho sobre o meio. Esquemáticamente, as etapas de tais processos são representadas a seguir.



Nesse ciclo, ocorrem uma expansão adiabática e uma compressão adiabática, respectivamente, entre:

- a) 4 e 1; 1,2 e 3
- b) 3 e 4; 1 e 2
- c) 4 e 1; 1 e 2
- d) 2 e 3; 3 e 4

Gabarito: B

TC4.12 Além de contribuir para a análise das condições de saúde, a tecnologia é um meio para promover bem-estar.

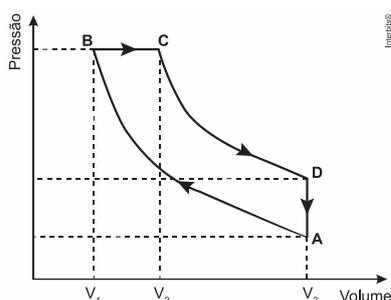
O condicionador de ar é uma máquina térmica e funciona com um ciclo termodinâmico que possui quatro processos, sendo dois adiabáticos. Numa _____ adiabática de um gás ideal, o trabalho realizado contra a vizinhança faz _____ a energia interna do gás, provocando um _____ na sua temperatura.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas.

- a) expansão – diminuir – aumento
- b) compressão – aumentar – abaixamento
- c) compressão – diminuir – aumento
- d) expansão – diminuir – abaixamento

Gabarito: D

TC4.13 (ENEM PPL 2017) Rudolph Diesel patenteou um motor a combustão interna de elevada eficiência, cujo ciclo está esquematizado no diagrama pressão \times volume. O ciclo Diesel é composto por quatro etapas, duas das quais são transformações adiabáticas. O motor de Diesel é caracterizado pela compressão de ar apenas, com a injeção de combustível no final.



No ciclo Diesel, o calor é absorvido em:

- $A \rightarrow B$ e $C \rightarrow D$, pois em ambos ocorre realização de trabalho.
- $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, pois em ambos ocorre elevação da temperatura.
- $B \rightarrow C$, pois representa expansão isobárica em que o sistema realiza trabalho e a temperatura se eleva.
- $A \rightarrow B$, pois representa uma compressão adiabática em que ocorre elevação de temperatura.

Gabarito: C

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DAS ATIVIDADES

1) Ao entrarmos no conteúdo de Termodinâmica, nós trabalhamos de um jeito diferente do que vínhamos fazendo. Poderias falar um pouco sobre a tua experiência, quer dizer, o que achaste dela em geral?

2) Em relação à parte de estudar os textos em casa, como preparação para a aula, qual é a tua opinião?

3) E quanto a apresentação dos testes conceituais e as votações em sala de aula, o que achaste?

4) Qual a tua opinião sobre a discussão das respostas com os colegas? Achas que foi útil, que conseguistes aprender melhor com isso? Justifica.

5) Consideras que tenha aprendido os conteúdos de Física trabalhados?

6) Pensando que essa metodologia vai ser utilizada com outras turmas ano que vem. O que poderia ser feito para melhorar?

7) Durante as atividades de aula foram utilizados 2 sistemas de coleta de dados para a análise das respostas dos testes conceituais. Usando Tablets com o *Google Forms* e utilizando o *smartphone* com o aplicativo *Plickers*. Você poderia contar um pouco sobre essas experiências apontando aspectos positivos e negativos de cada sistema?