



O USO DA SALA DE AULA INVERTIDA BASEADA NA TEORIA DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE
TERMOLOGIA E CALORIMETRIA

HUMBERTO MATTA REZENDE CALS NETO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério

Araguaína
Fevereiro de 2020

O USO DA SALA DE AULA INVERTIDA BASEADA NA TEORIA DA
APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE
TERMOLOGIA E CALORIMETRIA

Humberto Matta Rezende Cals Neto

Orientadora:

Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério

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

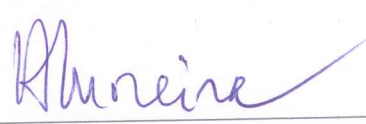
Aprovada por:



Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério (Orientadora)



Dr. Luís Antônio Cabral (UFT)



Dr. Marco Antonio Moreira (UFRGS)



Dra. Vera Bohomoletz Henriques (USP)
Participação por videoconferência

Araguaína

Fevereiro de 2020

S586p Neto, Humberto Matta Rezende Cals
 O Uso da Sala de Aula Invertida Baseada na Teoria da
 Aprendizagem Significativa: Uma Proposta de Ensino de Termologia e
 Calorimetria / Humberto Matta Rezende Cals Neto–Araguaína- TO: UFT,
 2020.
 viii, 144f.: il.;30cm.
 Orientadora: Shirlei Nabarrete Dezidério
 Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal do
 Tocantins – Campus Universitário de Araguaína – Programa de Pós-
 Graduação em Ensino de Física, 2020
 Referências Bibliográficas: f.102 – 103.
 1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Sala de Aula
 Invertida. I. Shirlei Nabarrete Dezidério. II. Universidade Federal do
 Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. O Uso da
 Sala de Aula Invertida Baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa:
 Uma Proposta de Ensino de Termologia e Calorimetria.

Dedico este Trabalho a Deus, a minha esposa Larissa Carvalho, Meus Pais Edil e Nilza pela força, incentivo e confiança, depositadas em mim ao longo deste caminho.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pelo dom da Vida e por ter me abençoado de diferentes maneiras ao longo destes 31 anos.

A minha amada esposa Larissa Carvalho por ter estado ao meu lado, sendo paciente, carinhosa e cuidadosa e dando tudo de si para fazer de mim uma pessoa melhor.

Aos meus pais, Edilberto Cals e Nilzanira Cals pelo amor e educação concebidos, e por serem a minha eterna referência de pessoas honestas e batalhadoras.

Aos meus queridos alunos que participaram da realização deste trabalho, não há dinheiro no mundo que pague a amizade e o companheirismo de vocês.

À equipe do Colégio Estadual Campos Brasil: Diretora, Coordenadora, Orientadora, Docentes e demais colaboradores, por não medirem esforços na hora de atender as minhas necessidades, durante a aplicação do produto educacional.

A Professora Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério, pelos valiosos conhecimentos repassados, pela orientação, conselhos, ajuda e incentivo no decorrer do curso.

Aos meus colegas de sala, Laércio, Renato, Marina, Tiago, Lenilson, Joel, Cláudio, Mateus, Eduardo e Marcelo, pelos momentos de descontração e aprendizado.

A todos os professores do Programa do MNPEF- UFT, pela contribuição em minha formação acadêmica, e pelo compromisso e competência demonstrada à docência no ensino superior.

E por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Sociedade Brasileira de Física (SBF) por proporcionar a oportunidade de participar deste programa, contribuindo diretamente no desenvolvimento do ensino de física na região.

RESUMO

O USO DA SALA DE AULA INVERTIDA BASEADA NA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE TERMOLOGIA E CALORIMETRIA

Humberto Matta Rezende Cals Neto

Orientadora:

Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério

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

A pesquisa parte de uma aula tradicional e propõe sua inversão para potencializar o tempo de estudo e aperfeiçoar o processo de Ensino-Aprendizagem, considerando a Teoria da Aprendizagem Significativa. A nova metodologia, empregada em sala de aula do Ensino Médio em uma escola pública de Araguaína, visa democratizar o acesso aos conteúdos da física para além da escola. Determinado pela questão de oferecer uma aprendizagem que dure para além da aula e em contextos diferentes dos do Ensino Formal, o produto educacional altera o foco da aula do professor para o estudante. Para verificar se a nova metodologia pode alterar a rotina de estudos de uma turma, em comparação com as demais, o pesquisador propôs desenvolver aulas virtuais sobre Termologia e Calorimetria para motivar, dar autonomia e desenvolver habilidades a fim de que os estudantes de física possam perseverar nos estudos e comunicar-se melhor, de modo a aprimorar o próprio processo de aprendizagem. A metodologia híbrida foi construída em três etapas: antes, durante e após a aula. Os primeiros resultados referem-se à aprendizagem do próprio pesquisador em manusear tanto as tecnologias envolvidas quanto os recortes dos temas selecionados. Verifica-se, em primeiro lugar, que a demanda de tempo em fazer é muito maior do que a demanda de tempo programada para “o fazer”. Isto implica na necessidade síncrona de readequação da proposta de modo a não comprometer os resultados da pesquisa devido ao delineamento impróprio do conteúdo a ser aplicado durante o estágio curricular. Quanto aos resultados sobre a aprendizagem dos estudantes a ênfase fica na quantidade de respostas corretas, cerca de 80% em média, e na possibilidade de reconhecer e corrigir os erros e dificuldades dos estudantes antes de finalizar cada conteúdo. O atendimento síncrono e a avaliação da aprendizagem como modelador do ato pedagógico são os principais agentes de transformação da inversão da sala de aula, baseados na Teoria da Aprendizagem Significativa. Os problemas de implantação devem-se, basicamente, ao alargamento do tempo de trabalho do professor e às dificuldades estruturais das escolas públicas, com relação à disponibilidade de recursos técnicos e tecnológicos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem Significativa, Sala de Aula Invertida.

Araguaína-TO
Fevereiro de 2020

ABSTRACT

USE OF FLIPPED CLASSROOM BASED ON SIGNIFICANT LEARNING THEORY: A PROPOSAL FOR THERMOLOGY AND CALORIMETRY TEACHING

Humberto Matta Rezende Cals Neto

Supervisor(s):
Dra. Shirlei Nabarrete Dezdério

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The research starts from a traditional class and proposes its inversion to enhance the study time and improve the Teaching-Learning process, considering the Theory of Meaningful Learning. The new methodology, used in a high school classroom in a public school in Araguaína, aims to democratize access to the contents of physics beyond the school. Determined by the question of offering learning that lasts beyond the classroom and in contexts different from those of formal education, the educational product changes the focus of the teacher's class to the student. In order to verify whether the new methodology can change the study routine of a class, compared to the others, the researcher proposed to develop virtual classes on Thermology and Calorimetry to motivate, give autonomy and develop skills so that physics students can persevere studies and communicate better, in order to improve the learning process itself. The hybrid methodology was built in three stages: before, during and after class. The first results refer to the researcher's own learning to handle both the technologies involved and the cuttings of the selected themes. First, it appears that the demand for time in doing is much greater than the demand for time programmed to "do it". This implies the synchronous need to readjust the proposal so as not to compromise the results of the research due to the improper design of the content to be applied during the curricular internship. As for the results on student learning, the emphasis is on the amount of correct answers, about 80% on average, and on the possibility of recognizing and correcting students' mistakes and difficulties before finalizing each content. Synchronous attendance and assessment of learning as a model for the pedagogical act are the main agents for transforming the inversion of the classroom, based on the Theory of Meaningful Learning. The implantation problems are basically due to the extension of the teacher's working time and the structural difficulties of public schools, in relation to the availability of technical and technological resources.

Keywords: Physics education, Significant Learning, Flipped Classroom

Araguaína – TO
February 2020

Sumário

Capítulo 1– Justificativa.....	10
Capítulo 2 – Fundamentação Teórica	14
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa	18
2.2 Metodologia ativa: A sala de Aula Invertida	26
2.3 Outras Contribuições.....	29
Capítulo 3 – Metodologia.....	35
3.1 A pesquisa qualitativa.....	36
3.2 O delineamento da pesquisa	36
3.3 O recorte do conteúdo de Física para o Ensino Médio.....	37
3.3.1 Termodinâmica e a Lei zero.	38
3.3.2 A lei zero da termodinâmica.....	38
3.3.3 Temperatura	40
3.3.4 Escalas Termométricas.....	42
3.3.5 As Escalas Celsius e Fahrenheit	43
3.3.6 Dilatação térmica	44
3.3.7 Calor e sua propagação.....	45
3.3.8 Meios de propagação do calor	46
3.3.9 Trocas de calor por condução	46
3.3.10 Trocas de calor por Convecção	47
3.3.11 Trocas de calor por irradiação.....	48
3.3.12 Capacidade térmica e Calor específico.....	49
3.3.13 Calor sensível e Calor latente	50
3.4 Os roteiros das aulas.....	51
3.4.1 Roteiro da aula 01	51
3.4.2 Roteiro da aula 02	52
3.4.3 Roteiro da aula 03	54
3.4.4 Roteiro da aula 04	55
3.4.5 Roteiro da aula 05	56
3.4.6 Roteiro da aula 06	58
3.4.7 Roteiro da aula 07	59
3.4.8 Roteiro da aula 08	60
3.4.9 Roteiro da aula 09	61
3.5 A escolha dos exercícios.....	62
3.5.1 Lista de exercícios 01	63
3.5.2 Lista de exercícios 02	64
3.5.3 Lista de exercícios 03	65
3.5.4 Lista de exercícios 04	66
3.5.5 Lista de exercícios 05	67
3.5.6 Lista de exercícios 06	68
3.5.7 Lista de exercícios 07	70
3.5.8 Lista de exercícios 08	71
3.5.9 Lista de exercícios 09	72
3.6 A gravação dos vídeos e a aplicação do produto educacional	73
3.6.1 Elaboração dos roteiros	73
3.6.2 Gravação dos vídeos.....	75
3.6.3 Aplicação do produto educacional	76
3.6.4 O Socrative	77
3.6.5 A avaliação diagnóstica.....	80

3.7 Resultados dos encontros presenciais.....	80
3.7.1 O Primeiro encontro presencial	80
3.7.2 O segundo encontro presencial	81
3.7.3 O terceiro encontro presencial	82
3.7.4 O Quarto e o Quinto encontros presenciais	83
Capítulo 4 – Resultados	84
4.1 Tabelas retiradas do Socrative	84
4.2 Tratamento dos dados.....	85
4.3 Relatos de evidências da aprendizagem Significativa durante a aplicação do produto educacional.	88
4.3.1 Relato 1.....	88
4.3.2 Relato 2.....	90
4.3.3 Relato 3.....	90
4.3.4 Relato 4.....	91
4.4 Análises dos resultados.....	93
4.4.1 Da aplicação do produto.....	93
4.4.2 Do rendimento dos estudantes nas avaliações de aprendizagem	94
4.4.3 Da tomada de consciência do professor, ou instrumentalização necessária à concepção de cidadania.....	96
Capítulo 5 – Discussão final.....	98
Referências Bibliográficas	102
Apêndice A.....	104
Os vídeos, apresentações e listas de exercícios.	104
Apêndice B	105
O produto Educacional.....	Erro! Indicador não definido.
Referências Bibliográficas	Erro! Indicador não definido.

Capítulo 1– Justificativa

Apesar das muitas contribuições teórico-metodológicas que, tradicionalmente, marcaram os velhos paradigmas que alicerçaram o processo de ensino-aprendizagem, alguns questionamentos se somaram ao longo do Curso de Licenciatura Plena em Física. Questionamentos estes que lançam um olhar sobre a Educação Básica como um todo, buscando, a partir da modernização dos conteúdos, inserir o discente no mundo do trabalho, das ciências e das tecnologias, tal como reforça a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.

Como o conceito de qualidade da educação refere-se cada vez mais aos resultados dos estudantes em provas e avaliações externas/internas, além de o foco do processo de ensino aprendizagem ser cada vez mais voltado ao estudante, a alteração metodológica conhecida por Sala de Aula Invertida (BERGMANN & SAMS, 2018), já testada anteriormente, visa o desenvolvimento da aula de forma a potencializar o tempo e a forma de estudo. O estudante assiste a parte conceitual, introdução e desenvolvimento teóricos da aula, quantas vezes desejar, numa atividade dirigida pelo professor por meio de aulas previamente gravadas e editadas. Essas aulas ficam disponíveis para download e reprodução em diferentes mídias. Com isso, o tempo de aula em que os estudantes têm a presença física do professor ficará disponível para o momento de resolução e compreensão dos exercícios referentes ao conteúdo. Ou seja, melhorar o ensino porque a Aprendizagem Significativa (AUSUBEL, 2000) prevê que o estudante possa lembrar e utilizar os conceitos dentro e para além da sala de aula, e em contextos diferentes daqueles estudados.

Logo, as novas tendências pedagógicas (re)surgem constantemente como produto de uma era extremamente industrial e globalizante, segundo o qual o ensino de Ciências incorpora-se como cultura e possibilidade de compreensão dos fenômenos que marcam a física no cotidiano e o cotidiano da física.

A proposta deste trabalho é oferecer um referencial teórico mais frutífero por meio de vídeos conceituais previamente elaborados, atividades e discussões que objetivam aprofundar o tema e relacionar os objetos de estudo em questão com as situações que cercam o desenvolvimento humano, e fazendo suas devidas considerações com:

- a. as estruturas cognitivas do aprendiz;

- b. o tempo que é necessário para o aprendizado acontecer, tendo em vista que indivíduos diferentes possuem tempos de aprendizagem diferentes;
- c. a predisposição para aprender.

Desta forma espera-se tornar o aluno o ator principal na construção de seu conhecimento e proporcionar uma aprendizagem de qualidade e significativa.

A questão da pesquisa é: Pode a metodologia da sala de aula invertida auxiliar na Aprendizagem Significativa da Física no contexto do Ensino Médio?

Para responder a esta questão, elencam-se os seguintes objetivos:

1. Contrapor os velhos paradigmas do ensino tradicional às novas tendências no ensino de Física, buscando estratégias inovadoras as quais contemplem uma contextualização e modernização dos conteúdos;
2. Fomentar a educação científica que desperte a curiosidade, dialogue com diferentes e diversas tendências, facilite a aprendizagem, aguace o gosto por aprender a aprender (por intermédio de ferramentas tecnológicas que auxiliam o estudo da Física na Educação Básica a partir da interação entre a teoria e a prática);
3. Aperfeiçoar o uso do tempo em sala de aula e potencializar o processo de Ensino-Aprendizagem.

Estes fatores se interpõem com o principal objetivo descrito pela teoria que dá suporte à atual compreensão de que aprendizagem significativa é aquela que permite ao estudante prosseguir nos estudos, mas também, é aquela que reforça o direito da construção da própria cidadania pelo aprimoramento da compreensão individual do mundo.

Assim, a pesquisa se justifica não só na criação de qualquer passo que se dê no sentido de aumentar a eficácia do sistema escolar, mas no sentido de possibilitar aos estudantes do Ensino Médio a continuidade do estudo em nível superior, já que o sucesso deles em níveis mais exigentes é diretamente proporcional à compreensão dos conteúdos curriculares dos níveis da escolarização básica.

Isso implica na ocupação de vagas no Ensino Superior, do qual é refém qualquer tipo de desenvolvimento para a nação, na diminuição da evasão escolar, nos dois níveis de ensino, e no aumento do conhecimento acadêmico sobre como melhorar os processos de formação dos estudantes e professores da Educação Básica, mediados por produtos

criados em programas de pós-graduação em Ensino de Física e vinculados às universidades públicas brasileiras.

Tudo isso acontece síncrona e simultaneamente ao despertar da confiança do estudante pelo professor e à motivação que este deve manter no processo de aprender. É um processo individual do estudante, altamente dependente tanto do contexto social em que está inserido quanto dos educadores que se dispõem a participar ativamente como coadjuvantes nele.

O sonho do currículo perfeito, o professor como chave para a preservação cultural, ideais de “treinamento” e “educação matemática”, assim como distinção entre “valores de ensino” e “ensino de valores” fragilizam os processos e inserem neles valores morais que se alteram no tempo. Inserem uma culpa ao processo que mais impedem a dinâmica do aprender do que contribuem para o progresso do conhecimento a respeito do processo, de aprender, em si.

“A matemática certamente não é independente da cultura e da sociedade. Todas as sociedades nas quais foi enxertada no curso de sua história contribuíram para moldar e enriquecer esse bem comum da humanidade” (CHEVALLARD, pg. 15, 1990).

A necessidade de abstração e formalização, no entanto, sugere uma dependência da forma e do método de ensino que não pode dispensar uma análise muito mais profunda. Histórica, talvez.

A associação entre tecnologias e a lógica do apreender não é, de fato, simples de ser confirmada e demanda sistematizações nada triviais. Além disso, situações anteriores de contextualização entre eventos exigem uma reflexão mais ampla sobre como construir situações para potencializar a aprendizagem e permitir o elo entre diferentes fases do mesmo fenômeno a ser descrito, ou os diferentes fenômenos envolvidos na descrição de um tema (transferência de calor e suas consequências, por exemplo).

Diante disso, a transposição didática é uma necessidade e passa a ser entendida como uma fundamentação teórica sobre a qual é possível refletir e questionar a prática pedagógica de forma constante, além de preparar as alterações metodológicas para alterá-las. A ação, imediata à tomada de posição sobre as situações de sala de aula, que toma a teoria como

“...um dos instrumentos da ruptura que a didática deve exercer para se tornar seu próprio domínio; é aquele pelo qual a entrada do conhecimento na problemática da didática passa da potência ao ato: na medida em que o "conhecimento" se torna problemático para ele, pode aparecer, a partir de agora, como um termo na afirmação de problemas

(novo ou simplesmente reformulado) e sua solução (CHEVALLARD, 2019, p.6)

A distância entre saber sábio e saber ensinado, a contextualização nos livros e atualização do currículo estão dentro dos objetos de pesquisas que, em alguns casos privilegiam o debate e as características qualitativas do conhecimento de física moderna (BROCKINGTON & PIETROCOLA, 2005), por exemplo, e em outros fazem uso de representações probabilísticas e com o formalismo matemático mais próximos do universo acadêmico (LOBO, 2018).

Este é um estudo que vem acrescentar a estas pesquisas uma alteração metodológica que responde às exigências do aprender de forma significativa, no dia a dia da escola, quando o professor está diante das turmas, no momento presente. A seguir, alguns recortes teóricos são trabalhados para auxiliar a confecção de referências que dão suporte à compreensão da proposta, construída para observar e sintetizar dados da aplicação do produto.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica

O que é o conhecimento, como ele se relaciona com o mundo real e como ele ajuda os homens a transformarem a realidade são questões humanas, mas também, são questões de interesse social e, por isso, educacional.

Ao falar de conscientização, vinculada à educação, é preciso lembrar que inúmeros estudos sobre os processos educacionais, criados por um dos mais importantes educadores brasileiros, nos remete a algo maior, algo que tem por resultado a tomada de consciência do próprio ato de tomar consciência. Este, pode ser descrito como

o processo de conscientização não se esgota em poucas palavras, nem mesmo nas linhas ou páginas anteriores. Trata-se de um processo contínuo, constantemente retomado, próprio de mulheres e de homens comprometidos com a transformação do mundo e de si de maneira criativa, sendo a sua historicidade o ponto de partida. A conscientização é parte desse processo que se transforma em ação ao tomar posse da realidade, decodificando-a, até chegar a um nível crítico de conhecimento que volta a iluminar a ação, constituindo-se numa práxis (AGOSTINI, 2018, p.187).

E é nessa práxis que a avaliação da aprendizagem escolar vem se construindo, enquanto conhecimento humano, vinculado não só ao ato de avaliar a aprendizagem, mas também como o ato de avaliar o processo educacional, vinculado à prática de avaliar.

Nesse contexto, concordamos com LUCKESI (2013) quando ele afirma que “tratar a avaliação como um ato isolado, separado do pedagógico, tem sido a tradição tanto na vida escolar como nas representações da sociedade” (p.13), no entanto, “o ato de avaliar é subsidiário da ação eficiente, o que implica ser planejada (p.14).

Mas, como avaliar a aprendizagem de diferentes estudantes, dentro do contexto atual da sala de aula, pode nos fazer compreender questões mais profundas, próprias do sistema escolar, no nível médio da Educação Básica?

Para responder a esta pergunta é necessário responder antes a outras questões, como o que é o ato de avaliar (?), como se distingue as avaliações dos exames (?), como, historicamente, os exames deram lugar às avaliações (?) e o quanto isso implicou realmente em deixar de selecionar os melhores, dentre tantos, e acabou na verificação da aprendizagem (?). Isso realmente é o que acontece no interior da sala de aula, ou continuamos a discriminar, por meio da avaliação, uns estudantes dos outros, os que sabem daqueles que não sabem (?).

Porque, responder a estas questões nos leva diretamente à história das avaliações e, mais ainda, a compreender as resistências que os professores têm em transitar do ato de examinar para o ato de avaliar.

Por fim, quais os instrumentos utilizados para a avaliação da aprendizagem, propriamente dita, e a consequência dos resultados deles para a educação.

LUCKESI (2013) afirma que

não há como praticar avaliação de acompanhamento da aprendizagem na escola tendo como pano de fundo a pedagogia tradicional, filosoficamente calcada numa cosmovisão estática sobre o ser humano. ... Não há como trabalhar com o conceito e com a prática da avaliação de acompanhamento da aprendizagem - que é dinâmica - no seio de uma pedagogia que compreende o educando como um ser "dado pronto" (LUCKESI, 2013, p. 21).

Diante disso tem-se uma primeira aproximação com o problema da avaliação, pautada em discursos pedagógicos que não enxergam a realidade escolar tal como ela é, dinâmica e interativa, mas a coloca como estática e ideal.

Há, então, que se superar o ato de examinar, substituindo-o pelo o de avaliar a aprendizagem, para assim, pelo ato de educar, enquanto ajudamos os estudantes a tomar posse de si mesmos, tomemos posse, os professores e agentes escolares, de nós mesmos, realizando, pela ação da práxis, o mesmo que eles, ou seja, educando-nos pelo processo de Ensino-Aprendizagem: “a constituição do eu faz com que nos tornemos íntegros e, ao mesmo tempo, diferenciados uns dos outros” (p. 34).

LUCKESI, ao falar de avaliação da aprendizagem, vai mais longe, pergunta, por exemplo:

Temos investido em formar cidadãos? Aqui, do ponto de vista constitutivo do ser humano, o fato fundamental é que convivemos com os outros. Essa convivência expressa-se como uma forma de agir em relação aos outros e, como toda forma de agir, modifica, simultaneamente, tanto o meio em que o sujeito está inserido quanto o sujeito em si mesmo, constituindo-o como cidadão. Por meio da ação da convivência, aprendemos a conviver e, portanto, a tornar-nos cidadãos (p. 39).

Neste ponto, já é possível perceber que “não podemos esquecer que o ser humano aprende pela ação e, para tanto, na prática educativa, há que se propor aos educandos atividades que sejam estimulantes e envolventes e, ao mesmo tempo, auxiliem sua formação como sujeitos e como cidadãos” (p. 45).

Voltando a questão que iniciou nossa reflexão, sobre o que é o conhecimento – senão uma construção individual e humana – devemos alargar nossas potencialidades em

aprender, ao mesmo tempo em que aumentamos as possibilidades de os estudantes aprenderem sobre os conteúdos escolares, revisando não só a prática docente como o ato de avaliar, afinal, "consciência restrita é aquela que conhece pouco e, conseqüentemente, compreende pouco. O portador de uma consciência restrita também tem uma visão restrita do mundo e, com base nela, pratica ações também restritas (p. 50).

Para então, aumentar nossa compreensão acerca do tema avaliação, aprendizagem e educação formal, em relações diretas com as novas tecnologias disponíveis para a educação, pretendem-se construir, a seguir, um referencial que nos ajude a compreender a ótica pela qual pretendemos discutir os resultados de uma ação inovadora, mas ao mesmo tempo desafiadora no contexto escolar da cidade de Araguaína, local onde se desenvolveu a presente pesquisa como requisito para aumentar a compreensão da academia em torno do eixo aprender/ensinar física por meio de uma das ditas metodologias ativas: a sala de aula invertida.

Pretende-se, com isso, partir de "o ensino e aprendizagem dos conhecimentos produzidos pela ciência, pela filosofia e pelas artes são recursos fundamentais para a ampliação da consciência dos educandos... e ...o conhecimento salva e a ignorância mata... (p. 55), dar um passo a mais no caminho da construção de melhores processos do aprender dos educandos, enquanto melhoramos os próprios processos do aprender dos professores da educação básica.

Ao discorrer em sua obra, sobre a aprendizagem, LUCKESI elenca os mediadores da aprendizagem dos estudantes, como sendo: 1. Uma teoria pedagógica compatível com a prática da avaliação da aprendizagem, 2. Os conteúdos escolares, 3. A didática, 4. O educador.

É, portanto, entre o terceiro e quarto pontos que se encontra situada essa investigação, ou seja, entre a didática do professor e o quanto ele pode alterar sua prática a fim de alterar os resultados da educação, inserido em contextos escolares que discursam pretender a educação plena do cidadão, ao mesmo tempo em que oferecem resistências conceituais e burocráticas ao desenvolvimento pleno da ação educativa.

A complexidade do sistema escolar não deixa dúvidas ao quanto de superação estão sujeitos os professores que, diante do cenário atual, ousam modificar práticas cristalizadas pela ação não reflexiva e pela conformidade dos sistemas.

Ao apresentar e refletir sobre o MNPEF, MOREIRA et al (2014) admitem a melhoria do ensino através da pesquisa e desenvolvimento, o que esbarra, segundo o autor, na baixa conexão entre pesquisa e prática no campo da educação científica-

tecnológica, o que pode ser superado pela pesquisa translacional, utilizando os “resultados de pesquisa para buscar novas possibilidades e desenhar novos instrumentos e processos para melhorar o ensino” (p. 317).

O termo translacional sugere que os resultados de pesquisa existem, estão na mão, mas devem ser traduzidos à linguagem da prática.

A metáfora da translação concilia a maneira como a pesquisa que resolve problemas da prática é moldada e guiada pelos problemas para produzir soluções desejadas e utilizáveis.

A melhoria da eficácia escolar, em todos os níveis, é alvo de investigação ininterrupta, afinal, “embora o sistema educacional brasileiro tenha aumentado muito a disponibilidade de vagas em cursos de graduação, em instituições públicas e privadas, apenas pouco mais da metade foram ocupadas (BRASIL, 2018).

Segundo DIAS SOBRINHO, o "conhecimento e a formação estão crescentemente perdendo seus sentidos de bens públicos e direitos de todos e adquirindo mais e mais o significado de bens privados para benefício individual" (2010, p. 199).

O autor fala das transformações sofridas pelo cenário da educação superior brasileira no período pós LDBEN/96, que abrange os países latino-americanos, inclusive, sob influência da globalização, o que não pode ser desconectado dos resultados da Educação Básica.

No entanto, “grandes projetos necessários à manutenção das estruturas sociais alicerçam-se em conhecimentos científicos e tecnológicos como, por exemplo, as usinas de produção de energia elétrica, os satélites para comunicação, os sistemas de tratamento de água etc. (PEDUZZI, 2001, p. 15)

Assim, na dependência que se tem entre a tomada de decisões individual pautada na posse de conhecimentos científicos, este projeto visa entregar aos estudantes aquilo que prometem os sistemas educacionais: educação e conhecimento.

Temos consciência de que as mudanças ocorrem com tal velocidade que deixam para trás, inacabados, muitos dos projetos iniciados e tornados obsoletos pelo próprio progresso entre o tempo da proposta, e o tempo que requerem para implantação, e que professores e estudantes, muitas vezes, aceitam como dada uma realidade que lhes foge à compreensão.

Nesse sentido, o avaliar contínuo, a escolha da metodologia de trabalho e a busca incansável por melhorias nas condições de ensino e aprendizagem nos leva ao próximo passo: compreender o que nos diz a teoria da aprendizagem significativa.

2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) proposta por David P. Ausubel tem como ponto chave considerar os conhecimentos adquiridos no decorrer da vida de um aprendiz. Ao propor isso, o autor sugere priorizar a atenção sobre a estrutura cognitiva do indivíduo, ou seja, as ideias e o conteúdo que ele sabe a respeito de determinado assunto, para então oferecer qualquer aprimoramento conceitual.

De posse dessa informação é possível fazer um mapeamento das ideias prévias do aluno com o objetivo de ensiná-lo de acordo com uma metodologia previamente definida para tal, identificando os conceitos organizadores básicos e utilizando recursos que facilitem a aprendizagem de maneira significativa. Segundo AUSUBEL:

A essência do processo de Aprendizagem Significativa é que as ideias expressas simbolicamente são relacionadas às informações previamente adquiridas pelo aluno por meio de uma relação não arbitrária e substantiva (não literal). Uma relação não arbitrária e substantiva significa que as ideias são relacionadas a algum aspecto relevante existente na estrutura cognitiva do aluno, como por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito ou uma proposição. (AUSUBEL et. al., p. 34, 1980)

Aprendizagem Significativa somente é possível quando um novo conhecimento se relaciona de forma substantiva e não arbitrária a outro já existente e específico (conceito subsunçor), dando espaço a uma nova informação que adquire um significado para o ser que aprende, inclusive para os subsunçores que já existiam. Ou seja, há uma interação não arbitrária e substantiva que define a elaboração, a definição e a estabilidade da própria estrutura cognitiva do aprendiz, fazendo com que o indivíduo obtenha um leque de conhecimento claro, estável e organizado, que passa a ser a principal variável na aquisição de novas informações da mesma área.

Para AUSUBEL (1963), a “Aprendizagem Significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento” (p. 58).

Segundo ele, têm-se três variáveis que devem ser consideradas a respeito da estrutura cognitiva e que se relacionam com a facilitação da Aprendizagem Significativa e da retenção do que se aprende:

- a disponibilidade, na estrutura cognitiva do estudante, de conceitos relevantes, em nível ótimo de inclusividade, generalidade e abstração;
- a discriminação de conceitos e princípios, similares ou diferentes (mas potencialmente confundíveis), usados no material de aprendizagem; –

definir quais são os princípios programáticos (conceitos, proposições e ideias claras, precisas, estáveis) potencialmente facilitadores da aprendizagem significativa; – a estabilidade e clareza dos subsunçores (MOREIRA, 1999, p.168).

O professor neste contexto cumpre a tarefa de facilitador da Aprendizagem Significativa e deve se ater a alguns aspectos, como por exemplo:

– identificar os conceitos e ideias mais relevantes, os que apresentam um bom nível de generalidade e inclusividade, pois é menos difícil para o ser humano captar aspectos de um todo mais inclusivo, previamente aprendido, do que chegar ao todo a partir de suas partes, diferenciadas previamente e aprendidas (MOREIRA, 1999, p.168).

Por quaisquer perspectivas, porém, que se deseje olhar a educação formal, é imprescindível observar que a organização da vida, de conteúdos científicos que se correlacionam, sempre por mais de um viés, e a dificuldade em organizar, nos estudantes, as informações para que se transformem em conhecimento disponível e de acesso suficientemente rápido, para subsidiar compreensões futuras sobre temas que se intercalam durante todo o processo escolar.

Sobre esta complexidade, MORIN (2007) nos alerta para a importância de se investigar o todo, por meios de suas partes, a fim de simplificar a aprendizagem, mas também sobre a importância de relacioná-las todas, ao final do processo, para que a compreensão mais ampla possa justificar a dicotomia a que o ensino se sujeita, obrigatoriamente. Nas palavras do autor:

nossa formação escolar, e mais ainda a universitária, nos ensina a separar os objetos de seu contexto, as disciplinas umas das outras para não ter que relacioná-las. Essa separação e fragmentação das disciplinas é incapaz de captar “o que está tecido em conjunto”, isto é, o complexo, segundo o sentido original do termo... mais adiante: a inteligência que só sabe separar reduz o caráter complexo do mundo a fragmentos desunidos, fraciona os problemas e unidimensionaliza o multidimensional. (MORIN, 2007, p. 19)

Os autores, a princípio, parecem se contradizer, no entanto, uma leitura mais profunda aponta para a reflexão de que os subsunçores são altamente necessários, mas não só eles. De um lado existe a necessidade de fixar ideias sobre outras, de outro, eliminar aquelas baseadas no senso comum e que discordam da realidade dos fatos. Estas precisam ser alteradas, remodeladas para acomodarem o conhecimento científico aceito pela comunidade científica.

MORIN vai além disso quando chama a atenção para o fato de que é necessário considerar o contexto do que se aprende, sem o quê, as simplificações alteram o

significado da aprendizagem que não pode ser fragmentada a ponto de não poder, posteriormente, ter significado num contexto mais amplo.

Para AUSUBEL, ainda sobre as partes que compõem um aprendizado,

...a construção e apropriação de todas as propriedades de um conceito ou de todos os aspectos de uma situação requerem tempo, não acontecem de uma hora para outra, há muitas vezes, mal-entendidos entre situações e concepções, entre procedimentos e entre significantes, que precisam de tempo para ser esclarecidos (AUSUBEL 2000).

A Teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 1996) destaca também que a aquisição do conhecimento é moldada pelas situações e problemas previamente dominados e que esse conhecimento tem, portanto, muitas características contextuais.

Muitas de nossas convicções vêm das primeiras situações que fomos capazes de dominar ou de nossa experiência tentando modificá-las.

É normal que os aprendizes apresentem concepções alternativas, mas elas podem ser consideradas como precursoras de conceitos científicos a serem adquiridos. A ativação desses precursores é necessária e deve ser guiada pelo professor.

Por outro lado, concepções alternativas podem funcionar como obstáculos epistemológicos. Por tudo isso, é fundamental averiguar o conhecimento prévio dos alunos tal como destaca AUSUBEL, é a variável que mais influência a aquisição significativa de novos conhecimentos.

O mapa conceitual, a seguir, partiu das abstrações sobre a estruturação da metodologia, decorrentes das análises dos pesquisadores, a priori, e conduziu à construção de um esquema de experimento para dar subsídios às sínteses dos resultados de observação, a posteriori, sobre a aprendizagem dos estudantes.

Trata-se de um esquema que permite uma visão geral entre temas estudados separadamente, mas que compõem parte do que compreende o conteúdo de termodinâmica, do qual foi recortado uma parte para compor o produto.

As teorias da Aprendizagem Significativa e dos Campos Conceituais convergem quando consideram que as concepções prévias dos estudantes contêm situações que não são conhecimentos científicos, mas podem evoluir para eles (conceito subsumor) e que, o professor desempenha um papel de mediador, provedor de situações frutíferas (agentes facilitadores) que dão sentido ao conceito, estas situações são necessárias para mapear o que o aprendiz já sabe e trabalhar em cima delas, tornando sua experiência de vida um fator substancial no processo de Ensino-Aprendizagem.

Colocando de uma forma sintética, a TAS é uma teoria cognitiva que expõe as consequências dos seres humanos se reconhecerem no mundo e, por decisão própria, atuarem sobre ele de forma a organizá-lo. A teoria considera os processos de compreender, transformar, armazenar e usar informações no âmbito cognitivo a partir do complexo conjunto das ideias do indivíduo, o que denomina estrutura cognitiva.

Não se trata apenas de uma decisão própria do indivíduo, mas de ir além da intencionalidade, ou seja, é necessário ter, ou construir no estudante, uma pré-disposição para o “aprender”.

A estrutura cognitiva, em si, resulta como um organizador dos processos por meio dos quais os seres humanos adquirem conhecimento e utilizam-no como base de suas ações sobre o mundo.

A partir do acesso à informação, recebida na memória (inicialmente de curto prazo), são estimulados os sistemas afetivo e motor, que se relacionam com a memória de trabalho a fim de criar e alimentar a memória de longo prazo.

A estrutura cognitiva permite relações entre a nova informação e a memória de curto prazo, de forma imediata, como mostra o esquema a seguir:

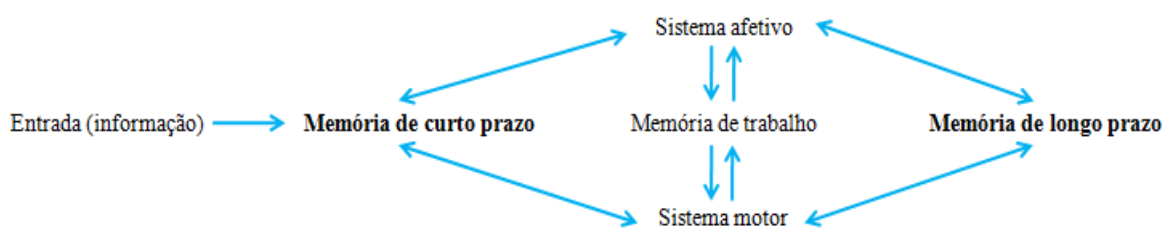


Figura 02 – Modelo de representação da estrutura cognitiva (fonte: os autores)

A nova informação tem contato direto com a memória de curto prazo que, por sua vez, relaciona-se com os sistemas afetivo e motor e com a memória de trabalho, onde acontecem os processos, por relações diretas e inversas, que transformam informações em conhecimentos e que são mantidos à disposição para novas assimilações, pela memória de longo prazo.

A aprendizagem significativa é aquela que resulta de uma nova informação (conceito, ideia, proposição) que adquire significados para o aprendiz por meio de sua ancoragem sobre aspectos relevantes da estrutura cognitiva anterior, de modo interativo, ou seja, há uma interação cognitiva.

Dessa forma, a nova informação adiciona ou modifica a estrutura encontrada, relacionando-se com conceitos, ideias e proposições, pré-existentes nela, de forma clara, estável e diferenciada, em algum grau.

Ela contrapõe-se, em certa medida, à aprendizagem dita mecânica (literal e arbitrária), que de certo modo armazena a nova informação, na mente, de forma mais arbitrária e superficial, de forma que o indivíduo possa reproduzi-la, a curto prazo, mesmo que tal informação não tenha para ele qualquer significado próprio.

Os requisitos prévios aos diferentes tipos de aprendizagem diferem-se primeiro, pela demanda de uma estrutura cognitiva previamente organizada em seus conteúdos, ditos relevantes, e pelo envolvimento emocional necessário à integração do novo conhecimento aos que já existem, também de forma organizada e, segundo, pela inexistência dessas condições, o que implica uma aprendizagem menos estável, organizada e “utilizável”.

Para cada assunto a ser aprendido, há a necessidade de um “esqueleto” conceitual mínimo e anterior, no qual serão incluídas, ordenadas e reagrupadas diferentes conexões e arranjos entre conhecimentos existentes e novos, por meio do trabalho organizado e sistemático do próprio aprendiz.

Nas palavras de AUSUBEL (2000), “a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante (isto é, um subsunçor) que pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, ou um conceito ou uma proposição já significativos”, no entanto, essa não é a única condição que deve ser observada.

O subsunçor é um conceito inclusor que permite a interação entre significados, mas além dele, é necessário também a) a disposição para aprender, b) o acesso à materiais

potencialmente significativos – delineados sobre uma estrutura lógica e sequencial, c) uma estrutura cognitiva no nível de receber determinado conhecimento, ou seja, que comporte subsunções específicas para relacionar diferentes materiais e d) a consciência do caráter individual do processo.

Dentro do próprio conceito da aprendizagem significativa existem diferentes tipos de aprendizagens, desde a mais básica, que atribui significados a determinados símbolos (palavras), e é denominada representacional.

Outra é a aprendizagem de conceitos (objetos, eventos, situações e propriedades), que supera a representacional por ser mais geral e categórica.

Por fim, a aprendizagem proposicional cuja relação entre conceitos permite a apreensão do significado de ideias, na forma de proposições, que vão além da soma dos significados individuais das palavras.

O processo da aprendizagem significativa passa, por assim dizer, pela assimilação cognitiva, ou seja, implica nas relações entre a estrutura cognitiva prévia e o material ou conteúdo da aprendizagem que, por meio da inclusão obliteradora, permite o processo de modificação mútua, ou seja, a assimilação do que se quer aprender.

Segundo Moreira (2019), após a assimilação e inclusão obliteradora é que se dá a ancoragem.

De uma forma figurada, é possível imaginar uma esponja (E – representa a estrutura cognitiva prévia) sobre a qual é depositada uma pequena quantidade de água (A – representa um novo conhecimento). O resultado da adição não é, matematicamente, igual a $E + A$, mas uma esponja molhada, em diferentes partes, de forma que a esponja e a água formam, juntas, um novo objeto. Assim é a estrutura cognitiva prévia depois de ter ancorado novo conhecimento: uma estrutura diferente, elaborada, enriquecida.

No que se refere à aprendizagem subordinada tem-se a associação entre conceitos. Trata-se de diferenciar conceitos mais gerais, mais inclusivos, para conceitos intermediários que levam a conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos.

Tabela 01 – Direcionamento da Diferenciação entre conceitos

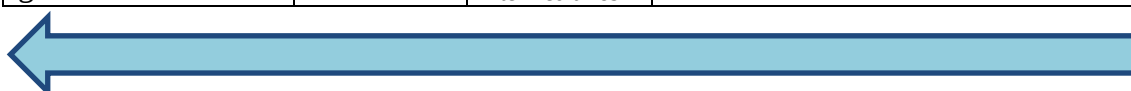
Conceitos mais gerais	Diferenciação	Conceitos intermediários	Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos
		Conceitos intermediários	Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos
		Conceitos intermediários	Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos
		Conceitos intermediários	Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos



Aprendizagem superordenada – que implica em reconciliação integrativa – se dá, ao contrário da anterior, quando um conceito ou proposição – mais geral ou inclusivo do que ideias ou conceitos já estabelecidos na estrutura cognitiva – é adquirido a partir destes e passa a assimilá-los. Trata-se, neste caso, de uma reorganização da estrutura cognitiva.

Tabela 02 – Direcionamento da Integração entre conceitos

Conceitos mais gerais	Integração	Conceitos intermediários	Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos
			Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos
		Conceitos intermediários	Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos
			Conceitos específicos, pouco inclusivos ou exemplos



Existe uma aprendizagem mais ampla, do ponto de vista da estrutura em si, que é a aprendizagem combinatória. Esta é a aprendizagem de proposições que não guardam uma relação de subordinação ou superordenação com outras proposições ou conceitos e sim com um conteúdo amplo da estrutura cognitiva, com o qual fazem sentido. Neste caso, a nova informação relaciona-se à estrutura cognitiva toda.

Independentemente de como se dá a aprendizagem, no nível interno da estrutura individual do aprendiz, é importante distinguir as demandas, das quais a aprendizagem significativa pode ser considerada refém, de outras demandas administrativas, das quais, por sua vez, são reféns os próprios sistemas de ensino.

Por exemplo, recursos que podem ser utilizados na ausência de subsunçores para manipular a estrutura cognitiva a fim de que ela seja capaz de entrar em contato com tópicos específicos de determinado conhecimento, como por exemplo, materiais introdutórios ou pseudo-organizadores, que podem elevar conhecimentos existentes, mas não explícitos, a um nível superior de compreensão, o que advém da tomada de consciência de sua existência, e é diferente de criar subsunçores.

Esses recursos, ou organizadores prévios, são frequentemente utilizados pelos professores para ativar, resgatar ou recuperar conhecimentos anteriores, já esquecidos (ou obliterados) pelos estudantes, para estabelecer uma relação entre conhecimentos dependentes de elos ou aproximações sem as quais o novo conhecimento ficaria incompleto ou “desligado” do todo.

Tudo o que foi exposto dá uma ideia de como criar as condições mínimas necessárias para a aprendizagem significativa dentro de ambientes escolares, mas como foi ressaltado anteriormente, existem condições anteriores, próprias da existência dos

sistemas em si, que devem ser trazidas, como contexto, às reflexões sobre a aprendizagem em si, dentro das análises ou considerações sobre os resultados encontrados.

São as condições de manutenção dos sistemas de ensino formal, que abrangem desde a formação de professores e suas condições de trabalho, até os investimentos na estrutura física das escolas e a manutenção de boas condições de ensino. Essas condições, que acabam por determinar as práticas escolares e, normalmente, são subtraídas das análises, não serão abordadas aqui, por não pertencer ao escopo da fundamentação teórica, mas deverão, ser resgatadas no momento das análises sobre os resultados, como forma de explicar parte dos resultados encontrados.

Esses são, resumidamente, alguns dos aspectos citados na TAS e importantes para tentar alcançar uma aprendizagem de real significado para o aluno. É sobre esse referencial teórico que serão feitas as análises dos resultados obtidos.

2.2 Metodologia ativa: A sala de Aula Invertida

Na tentativa de organizar as ideias sobre o método de inverter a sala de aula, sob a perspectiva dos autores que a criaram, será incluído, a seguir, alguns recortes do texto original da literatura para apresentar os principais conceitos empregados na concepção do produto educacional: os vídeos de curta duração sobre conteúdo de uma única aula, ou, de cada uma das aulas, separadamente (vídeos de, em média, 3 minutos).

BERGMANN & SAMS nos dizem que, “basicamente, o conceito de sala de aula invertida é o seguinte: o que tradicionalmente é feito em sala de aula, agora é executado em casa, e o que tradicionalmente é feito como trabalho de casa, agora é realizado em sala de aula” (2018, p. 11).

Frequentemente nos perguntam como é a rotina da sala de aula invertida. Em essência, começamos cada aula com alguns minutos de discussão sobre o vídeo que foi visto em casa. Um dos inconvenientes do modelo invertido é o de que os alunos não podem fazer de imediato as perguntas que lhes vêm à mente, como teria sido o caso numa aula ao vivo. Para enfrentar essa questão, gastamos, no começo do ano, um bom tempo treinando os alunos a assistirem ao vídeo de maneira eficaz (2018, p. 11-12).

Dessa forma, o que é feito tradicionalmente é invertido para que os estudantes tenham acesso às aulas antes do encontro na escola entre eles e o professor, para então, quando forem resolver exercícios e checar a aprendizagem, tenham, juntos de si, o professor da disciplina para ajudá-los com a tarefa.

Esta é uma forma segura de melhorar o tempo de contato deles com os conteúdos, por meio inclusive do acesso ao material nos primeiros minutos da aula, e de esclarecer os erros antes que sejam cristalizados e aplicados de forma equivocada, o que pode prejudicar a aprendizagem de novos conteúdos.

Como os próprios autores afirmam,

Nitidamente, a aula gira em torno dos alunos, não do professor. Os estudantes têm o compromisso de assistir aos vídeos e fazer perguntas adequadas. O professor está presente unicamente para prover feedback especializado. Também compete aos alunos a realização e apresentação dos trabalhos escolares. Além disso, os alunos devem recorrer ao professor sempre que precisarem de ajuda para a compreensão dos conceitos. O papel do professor na sala de aula é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações (BERGMANN & SAMS 2018, p. 14).

E é inegável que tenham, a princípio, certa disposição para atender as reivindicações da sala de aula invertida, pelo menos em parte.

Os alunos de hoje crescem com acesso à Internet, YouTube, Facebook, MySpace e a muitos outros recursos digitais. Em geral, podem ser vistos fazendo os exercícios de matemática enquanto enviam mensagens de texto, postam e curtem no Facebook e ouvem música, tudo ao mesmo tempo. Muitos desses estudantes relatam que quando chegam à escola precisam se desconectar e emburrecer, já que as escolas proíbem telefones celulares, iPods e quaisquer outros dispositivos digitais. O mais triste é o fato de que a maioria dos alunos carrega consigo dispositivos de computação mais poderosos do que grande parte dos computadores existentes em nossas escolas subfinanciadas — e ainda não lhes permitimos explorar esses recursos, que são naturalmente parte de seu dia a dia (BERGMANN & SAMS, 2018, p. 18).

A compreensão dos autores, do ponto de vista didático, parece bem razoável, pois a metodologia que defendem permite aos estudantes que a aula seja revista inúmeras vezes. Por si, esse fator, sozinho, promete que estudantes com maior facilidade de aprender possam economizar tempo de estudo e, ao contrário, estudantes com mais dificuldades terão garantido o tempo que precisarem para compreender determinado assunto, podendo ver e rever as aulas quantas vezes precisarem. Isso certamente nos remete às necessidades da TAS, já que criar ou acionar subsunçores é ponto de partida para conexões entre conhecimento prévio e conhecimentos novos.

A inversão cria condições para que os alunos pausem e rebobinem o professor. Como educadores, geralmente temos um currículo a cumprir em nossos cursos. Os alunos devem dominar certo conjunto de conhecimentos, e sempre esperamos que compreendessem nossas exposições. No entanto, mesmo os melhores expositores e apresentadores têm alunos que ficam para trás e não compreendem nem apreendem todo o conteúdo. Quando invertemos a sala de aula, transferimos o controle remoto para alunos. Conceder aos alunos a

capacidade de pausar os professores é uma inovação realmente revolucionária (BERGMANN & SAMS, 2018, p. 21).

Outros aspectos importantes, relacionados pelos criadores da sala de aula invertida como vantagens do processo são discriminadas por eles da seguinte forma:

1. “A inversão intensifica a interação aluno-professor:

(...) Na verdade, acreditamos com convicção que a inversão da sala de aula promove a fusão ideal da instrução on-line e da instrução presencial, que está ficando conhecida como sala de aula “híbrida”. Em geral, oferecemos miniaulas a grupos de alunos que estão tendo dificuldade com o mesmo conteúdo. A beleza dessas miniaulas é estarmos provendo instrução Just-in-time, ou seja, oportuna e na hora exata, quando os alunos estão predispostos a aprender (p.22).

2. “A inversão muda o gerenciamento da sala de aula”

Quando invertemos a sala de aula, descobrimos algo surpreendente. Como não mais nos limitávamos a nos expor diante de uma turma e discursar para os estudantes, muitos dos problemas de gerenciamento da sala de aula desaparece. Os alunos que precisavam de público para as suas encenações já não contavam com a plateia. Como o tempo de aula era usado basicamente para que os alunos executassem atividades práticas ou trabalhassem em pequenos grupos, os colegas que em geral eram fatores de dispersão passaram a ser ignorados. Ou já não tinham público ou não mais se sentiam entediados, dispondo-se a mergulhar na proposta de aprendizagem (p. 26).

3. “A inversão torna a aula mais transparente”

Nossos vídeos são postados na Internet, e os pais dos alunos e outras partes interessadas têm livre acesso ao material didático. Em vez de ficarem em dúvida sobre o que os alunos estão aprendendo na escola, os pais têm acesso às nossas lições com apenas alguns cliques (p. 28).

É preciso observar que “adotar as ferramentas tecnológicas e o ensino assíncrono, que caracterizam a sala de aula invertida, com uma abordagem voltada para os alunos”, tende a criar um ambiente estimulante para a curiosidade (BERGMANN & SAMS, p. 45), o que é altamente recomendado pela TAS.

Os autores chamam a atenção para alguns pontos importantes que devem ser desenvolvidos antes de iniciar o processo, tais como: determinar os principais objetivos de aprendizagem, definir quais desses objetivos são alcançados com maior eficácia, por meio de pesquisas ou de instruções diretas, garantir que todos os alunos tenham acesso prévio ao vídeo/simulador, criar e elaborar tarefas e exercícios de aprendizagem que despertem o interesse do aluno para realizar em sala de aula (p.51).

Com relação à avaliação somativa, é possível criar mais de uma versão de forma a dividir os conteúdos para que os estudantes demonstrem, de forma separada, cada

objetivo de aprendizagem limitado pelo próprio professor. Esta é uma vantagem para enfrentar o desafio de

construir um sistema de avaliação adequado que meça com objetividade a compreensão dos alunos de maneira significativa para eles próprios e para os professores. Como saber se os alunos dominaram os objetivos do curso? O que fazer se não chegaram lá? O desenvolvimento de diferentes tipos de avaliações de qualidade, o gerenciamento da papelada e o acompanhamento da segurança dos testes são simplesmente tarefas volumosas demais para um professor com trinta alunos em sala de aula. Aachamos que o uso da tecnologia moderna para fornecer feedback valioso aos alunos e para nos ajudar a implementar o modelo de aprendizagem invertida para o domínio é o que possibilita o domínio do conhecimento (BERGMANN & SAMS, 2018, p. 80).

Os autores defendem, também, que à medida que o tempo passa e a utilização é feita de forma recorrente, a confecção de sistemas de avaliação e a própria gravação das aulas não são problemas que se caracterizem como de difícil resolução, no entanto, devem-se considerar os diferentes contextos em que a metodologia será empregada e as condições de administração e manutenção das escolas, pois, é fato que inserir tecnologia na escola implica em suporte técnico e demandas favoráveis em prol desse tipo de alteração metodológica. Os professores e mantenedores dos sistemas de ensino devem, pelo menos em parte, acordar como as mudanças que serão implantadas.

2.3 Outras Contribuições

Um dos muitos autores que contribuíram com a atual compreensão da academia sobre a aprendizagem significativa somou muitas contribuições ao tema no sentido de organizar o conhecimento na estrutura cognitiva daqueles que querem potencializar o ato de aprender.

NOVAK & GOWIN (1984), quando falam do aprender a aprender, que é uma demanda do que se denominou escolanovismo, e se traduz por um movimento que tenta superar a escola tradicional, nos brinda com recortes dignos de nota. São recortes “notáveis”, para parafrasear a matemática quando se refere a alguns produtos como os “produtos notáveis”.

A primeira refere-se à explicitação de que os seres vivos têm a “capacidade inata para discriminar as regularidades e para reconhecer e/ou utilizar signos” (p. 20).

A segunda é que “durante quase um século, os estudantes têm sofrido a opressão dos psicólogos condutivistas, que consideram a aprendizagem um sinônimo de mudança na conduta” (p. 13).

E aqui está uma que concorda plenamente com a visão da TAS: “A aprendizagem é pessoal e idiossincrásica; o conhecimento é público e compartilhado (p. 21)”

“Objeto como cães, estrelas e os seres humanos são objetos naturais; as casas, os objetos de cerâmica e os postes térmicos são objetos construídos pelos seres humanos. O conhecimento não se descobre, como o ouro ou o petróleo. É, sim, construído, como os carros ou as pirâmides” (p. 20).

A educação é o processo através do qual procuramos ativamente mudar o significado da experiência e a cultura é o veículo por meio do qual as crianças adquirem conceitos construídos ao longo dos séculos; as escolas são invenções relativamente recentes – meados do século XIX – para (assim o esperamos) acelerar este processo.

Outra obra pesquisada, para contextualizar a escola atual, da qual serão inseridos recortes sobre a historicidade da existência dos sistemas de ensino, é a obra “Escola e Democracia” (SAVIANI, 2012).

O autor da obra, que está da 43ª edição, acrescenta uma visão mais geral e organizada sobre a “recente” invenção humana que denominamos escola.

Ele contrapõe diferentes teorias, que denomina não críticas e crítica-reprodutivistas, para comparar as diferentes formas de combate à marginalidade a que se sujeitam homens e mulheres no mundo moderno, por meio da escolarização a que se submetem.

A primeira, a teoria denominada não crítica, concebe a escola como instrumento de equalização social, portanto, de superação da marginalidade. Em contraposição, a teoria crítica-reprodutivista vê a escola como um instrumento de discriminação social, logo, um fator de marginalização.

Se a primeira pensa a sociedade como harmoniosa, pela integração dos diferentes grupos e admite a marginalidade como fenômeno acidental, que deve ser corrigido por meio da educação, a segunda submete a escolarização ao domínio de grupos em luta, que dominam e são dominados pela força, de forma que a escola tende a legitimar a dominação da classe dominante, criando e reproduzindo as distorções pelo controle de grupos a quem, ela mesma, a escola, dá voz.

À época, as escolas foram criadas para “converter súditos em cidadãos e redimir a humanidade de seus pecados históricos: a ignorância – miséria moral – e a opressão – miséria política.

O ensino dito tradicional, que emerge e é mantido nas escolas com financiamentos sempre inferiores aos patamares mínimos necessários, perde lugar para a pedagogia nova, que, por fim, é substituída por outra, a pedagogia tecnicista.

Na ordem em que se dão, as pedagogias são conhecidas como tradicional, nova e tecnicista e, no que corresponde ao cerne da questão do ensino, a primeira defende a transmissão do conhecimento humano para todos os cidadãos, como dever do Estado; a segunda substitui o aprendizado de conteúdos pelo “aprender a aprender”, pautando o ensino pelos seus menores níveis, para adequá-lo a todos, incluindo os estudantes com anormalidades neuro-psico-pedagógicas, como mostra o texto a seguir:

A partir das experiências levadas a efeito com crianças “anormais” é que se pretendeu generalizar procedimentos pedagógicos para o conjunto do sistema escolar. Nota-se, então, uma espécie de biopsicologização da sociedade, da educação e da escola. Ao conceito de “anormalidade biológica” construído a partir da constatação de deficiências neurofisiológicas se acrescenta o conceito de “anormalidade psíquica” detectada por testes de inteligência, de personalidade etc., que começam a se multiplicar. Forja-se, então, uma pedagogia que advoga um tratamento diferencial a partir da “descoberta” das diferenças individuais (SAVIANI, 2012, p. 7-8)

Por último, a pedagogia do aprender a fazer, que supre a necessidade fabril da mão de obra em larga escala, acaba por substituir completamente os conteúdos escolares pela necessidade do “saber fazer”.

O texto a seguir relata como o raciocínio lógico e encadeado, correspondente aos conhecimentos científicos é, paulatinamente, substituído pelo aprendizado mecânico, necessário para a fabricação de partes e objetos que se ligam, no final dos processos industriais, e formam os produtos finais entregues ao comércio. “A partir do pressuposto da neutralidade científica e inspirada nos princípios de racionalidade, eficiência e produtividade, essa pedagogia advoga a reordenação do processo educativo de maneira a torná-lo objetivo e operacional” (SAVIANI, 2012, p. 11).

A educação passa a ser tida, no que se chamou de “a pedagogia tecnicista”, como um produto, organizado na forma de processo educacional, de modo que as ações de indivíduos distintos produzem efeitos com os quais eles não mais se identificam.

As consequências desse processo são conhecidas no meio educacional, embora possam não ser racionalizadas de forma organizada. O recorte a seguir, embora longo, justifica sua inserção já que nos remete ao centro do processo que se quer compreender:

Buscou-se planejar a educação de modo a dotá-la de uma organização racional capaz de minimizar as interferências subjetivas que pudessem pôr em risco sua eficiência. Para tanto, era mister operacionalizar os objetivos e, pelo menos em certos aspectos, mecanizar o processo. Daí a proliferação de propostas pedagógicas tais como o enfoque sistêmico, o microensino, o telensino, a instrução programada, as máquinas de ensinar etc. Daí também o parcelamento do trabalho pedagógico com a especialização de funções, postulando-se a introdução no sistema de ensino de técnicos dos mais diferentes matizes. Daí, enfim, a padronização do sistema de ensino a partir de esquemas de planejamento previamente formulados aos quais devem se ajustar as diferentes modalidades de disciplinas e práticas pedagógicas. Se na pedagogia tradicional a iniciativa cabia ao professor – que era, ao mesmo tempo, o sujeito do processo, o elemento decisivo e decisório – e se na pedagogia nova a iniciativa desloca-se para o aluno – situando-se o nervo da ação educativa na relação professor-aluno, portanto, relação interpessoal, intersubjetiva, na pedagogia tecnicista, o elemento principal passa a ser a organização racional dos meios, ocupando o professor e o aluno posição secundária, relegados que são à condição de executores de um processo cuja concepção, planejamento, coordenação e controle ficam a cargo de especialistas supostamente habilitados, neutros, objetivos, imparciais. A organização do processo converte-se na garantia da eficiência, compensando e corrigindo as deficiências do professor e maximizando os efeitos de sua intervenção. (SAVIANI 2012 p. 12)

De certa forma, ao entrar em contato com as três formas de se pensar a organização do ensino, em sequência temporal, é possível compreender as dificuldades em executar a transmissão do conhecimento, ou conteúdos cientificamente aceitos, dentro de sistemas que enunciam uma prática diferente da que produz.

A questão que orienta as alterações metodológicas mencionadas é, respectivamente: a) na escola tradicional a marginalidade deve ser vencida pela educação e o objetivo é a propiciar um ambiente no qual o conhecimento humano possa ser compartilhado entre todos; b) na escola nova, a marginalidade é vencida, não pela aquisição do conhecimento, mas pela possibilidade de socialização do espaço escolar, que passa a incluir, em conformidade com esse objetivo, todos os níveis cognitivos, juntos e sem qualquer distinção, incorporando os anormais no seio da escola, sem que se tenha, antes disso, preparado o corpo docente para recebê-los (esta é uma das legitimações necessárias à inclusão e em completa concordância com o aprender a aprender, enquanto processo de formação); c) na escola tecnicista, a marginalidade é aceita como sendo

normal, mas adiciona a este fato que o saber fazer pode minimizar os efeitos da marginalidade.

Se por um lado, estar à margem da sociedade sem condições de ascensão implica num reconhecimento coletivo da legitimidade dos privilégios de alguns, por outro, evidencia uma administração de recursos educacionais sempre insuficientes para alterar a regra vigente: privilégios têm que ser mantidos somente para uns poucos, do contrário, deixariam de serem privilégios e se transformariam em direitos.

Aqui já é possível questionar se o discurso dominante representa o desejo da maioria, ou se é uma minoria dentre os cidadãos, com alto poder financeiro e cultural, que discursa a favor da educação, ao mesmo tempo em que, imperceptivelmente, age contra o aumento da eficácia escolar da escola pública.

É nesse cenário que o ensino por transmissão é recoberto por discursos “inclusivos” necessários para forjar o ensino por descoberta das escolas públicas, onde o slogan é algo como “conquiste seu lugar no mercado de trabalho”, diferente do que ocorre nas escolas particulares, onde o slogan é algo como “as melhores cabeças nas melhores universidades”.

É também nesse contexto que o foco da atividade escolar é transferido, primeiro do professor para o estudante e, segundo, dos professores e estudantes para o corpo técnico-pedagógico, chamados à intervir no espaço escolar para fornecer orientações, recursos e materiais pedagógicos necessários à substituição do eixo pedagógico do intelecto, lógico, para o eixo sentimental e psicológico para, por fim ceder lugar ao eixo técnico pedagógico.

Dessa forma, é possível reconhecer o incessante trabalho da pesquisa em ensino e em educação, a fim de reconhecer o ambiente no qual se quer forjar a educação de qualidade, pautada em métodos eficientes e eficazes de ensino.

Para cumprir com os objetivos da pesquisa é necessário reconhecer como voltar, da reordenação do processo fabril para o processo educativo, pautado no aprender a fazer, para reconstruir o espaço escolar, não mais admitindo que se aprende a aprender sem o delineamento de conteúdos cognitivos, com vistas ao principal motivo da existência dos sistemas escolares.

Direcionar à aprendizagem, por transferência de conteúdos, daqueles que detém o conhecimento aceito pelas diferentes áreas do conhecimento – os professores – para os estudantes, nos mais diversos níveis de escolarização deve ser consenso escolar antes de se tornar a prática corrente.

Nesse sentido, o de priorizar a educação e o conhecimento escolar, a tomada de consciência, como diz BOURDIEU (2018), é o primeiro passo para a cristalização de um projeto de escola que vença toda e qualquer legitimação indevida, criada para confundir o real motivo de existirem as escolas: o desenvolvimento humano que subsidia, por sua vez, o desenvolvimento social e emancipa os países por meio da construção e controle consciente do conhecimento organizado.

O que surge, na sequência, é a urgente revalorização do trabalho do professor e o direcionamento de recursos para os cursos de formação. É imprescindível estancar o desvio de recursos humanos para recursos técnicos, desprovidos da capacidade de reorganizar o espaço escolar e, por isso, incapaz de elevar os índices de aproveitamento.

A seguir serão demarcadas as formas com que a pesquisa limitou os objetivos às demandas que se apresentam.

Capítulo 3 – Metodologia

A Sala de Aula Invertida, também conhecida como Flipped Classroom, ou ensino híbrido, é uma ferramenta pedagógica que tem como conceito a inversão dos papéis no processo de ensino aprendizagem, colocando o aluno no centro do processo educativo.

Nesse modelo pedagógico o aprendizado é construído em 3 etapas; Antes da aula, durante a aula e depois da aula.

Na primeira etapa o aluno tem acesso a informações prévias e introdução de conceitos a respeito do conteúdo, estes podem ser disponibilizados através de vídeos ou outros recursos tecnológicos como simuladores, jogos ou arquivos de áudio.

Este item implicou, na fase de confecção do produto educacional, no estudo e construção dos roteiros a serem gravados.

A segunda etapa acontece na sala de aula, onde ela é usada para a aplicação dos conceitos, resolução de problemas, desenvolvimento de atividades, e realização de projetos. O professor em sala de aula mediará o andamento das atividades, esclarecerá dúvidas quando estas aparecerem, aprofundará o tema, e estimulará discussões.

Por isso, as aulas em que o produto educacional foi aplicado iniciaram sempre com a retomada dos vídeos gravados sobre os temas definidos nos roteiros e disponibilizados antes de cada encontro.

Na última etapa o estudante deverá fixar o que aprendeu, integrando os conhecimentos adquiridos. Ele pode, no pós-aula, continuar com o processo de aprendizagem colaborativa, realizando trabalhos, experimentos a fim de recordar, compreender, analisar e criar. Durante o processo, avaliações devem ser realizadas para monitoramento da aprendizagem na aplicação de conceitos e desenvolvimento das competências esperadas.

Para isso, optou-se, metodologicamente, pela inserção das questões – cuidadosamente escolhidas – na plataforma do aplicativo Socrative. Este procedimento, além de economizar o tempo de escrita e cópia das questões pelo professor e estudantes, gera, instantaneamente, sobre as respostas dos estudantes a cada uma das questões, os dados de acertos que permitem um melhor gerenciamento da aula.

Vale ressaltar que na metodologia de sala de aula invertida, os alunos estão no centro e o processo de ensino aprendizagem gira ao seu redor, e cabe ao professor, trazer e fixar a atenção deles para as atividades propostas. Ao estudante fica a responsabilidade de assistir ao vídeo, por exemplo, e elaborar perguntas adequadas.

Em sala de aula, o professor irá auxiliar os estudantes no entendimento do assunto abordado, porém não terá o papel de transmitir informações. No modelo invertido para a aprendizagem, os alunos assumem a responsabilidade pela própria aprendizagem o que salienta a presunção de AUSUBEL sobre a necessidade do envolvimento e predisposição do estudante em aprender.

A escolha, portanto, da metodologia foi suportada pelo aceite de uma proposta que, aparentemente, pode significar maior autonomia dada aos estudantes. Os resultados, no entanto, devem mostrar se existem outros fatores a serem considerados, em conjunto, com o suporte dado pelo professor ao processo de ensino.

3.1 A pesquisa qualitativa

Do ponto de vista da abordagem do problema a pesquisa utiliza a metodologia qualitativa (PRODANOV, 2013). Trata-se de uma pesquisa exploratória, com objetivos definidos, que utiliza como procedimento técnico a pesquisa ação, pois os resultados obtidos dependem primeiro, de uma tomada de posição do professor quanto ao método de intervenção escolhido, que inverte a sala de aula para oferecer aos estudantes a oportunidade de auto estudo, em momentos anteriores aos da aula.

É, por natureza, uma pesquisa aplicada que busca gerar conhecimentos acadêmicos sobre como aprender na escola básica, já que tenta resolver o problema da eficácia escolar por meio de alterações metodológicas da prática docente e da forma de avaliar a aprendizagem de forma síncrona e mais eficiente, no sentido de devolver ao professor, sobre cada tema, o quanto os estudantes compreendem antes e depois da aplicação do produto.

3.2 O delineamento da pesquisa

Quanto à escolha do tema, o recorte do conteúdo foi necessário para atender a demanda temporal e a disponibilidade dos estudantes que participaram da pesquisa de forma voluntária, no próprio ambiente escolar.

Nesse sentido, a metodologia foi limitada ao conteúdo de um bimestre da Física do segundo ano do Ensino Médio e considera os apelos da experiência didática do professor no sentido de potencializar a aula. Trata-se de apresentar os conceitos de forma agradável, autônoma e numa plataforma que possibilite aos estudantes repetir a

visualização do conceito, exposto pelo professor, quantas vezes for preciso, e de forma individual.

As aulas foram divididas nas três etapas previstas, cada uma delas referentes ao “antes da aula” (quando o estudante tem acesso ao conteúdo a ser apreendido, por meio de tecnologias construídas para acesso por meio de aparelhos celulares, etc.), o “durante a aula” (tempo de questionar, discutir e realizar atividades) e o “depois da aula” (tempo de refletir, integrar – aprender de forma colaborativa – analisar e fazer retrospectivas). A aplicação de questões para acompanhamento da aprendizagem foi restrita aos momentos das aulas.

O encontro com o professor é restrito a discutir, refletir sobre modificar e assimilar conceitos que, de modo geral, foram disponibilizados antes das aulas. Já, aos estudantes, a oportunidade de encontros extras e mediados pela mídia visual altera completamente a forma com que se relacionam, pela primeira vez, com conteúdos de física de uma forma dinâmica e ilustrada.

O Socrative, aplicativo por meio do qual eles respondem as questões oferece ambiente favorável de engajamento nas atividades e cria uma expectativa com relação aos processos futuros de assimilação de conteúdos.

Tanto a utilização de tecnologia em educação quanto à alteração na perspectiva de ensino são demandas atuais que podem potencializar a aprendizagem, por meio do comprometimento dos estudantes com o processo de estudo, segundo o referencial teórico da TAS.

Esta também é a perspectiva da metodologia adotada, a de inverter a sala de aula.

Para além da inversão da sala de aula, é possível prever a economia de tempo da aula sem a inversão. Deste modo, seria possível utilizar o tempo “gerado” pela metodologia para debater e aplicar novas questões depois de finalizado o conteúdo.

Dessa forma, segundo as previsões da Aprendizagem Significativa, os estudantes poderiam voltar a discutir tópicos que lhes foram apresentados em mais de uma aula para compor conceitos num conhecimento maior e mais abrangente.

3.3 O recorte do conteúdo de Física para o Ensino Médio

As aulas sobre termologia e calorimetria compõem o currículo vigente para o Ensino Médio e oferece, ao pesquisador, uma forma de confrontar resultados que se distinguem apenas pela forma de exposição e, assim, permite que sejam levantadas

hipóteses sobre o aproveitamento escolar com base numa metodologia que desloca o foco de atenção para os estudantes.

A seguir, são recortados dos livros para o Ensino superior a parte da física relativa ao recorte que compõe o produto educacional.

3.3.1 Termodinâmica e a Lei zero.

A termodinâmica é a área de física que estuda fenômenos relacionados aos conceitos de temperatura e calor. Fazendo recorrência à origem da palavra, o termo “dinâmica” está associado ao movimento e “Therme”, do grego, quer dizer calor. Logo a termodinâmica aborda o movimento da energia e como a energia cria movimento. Entretanto, diferentemente de um sistema mecânico, o sistema termodinâmico envolve uma quantidade muito pequena de parâmetros. Se considerarmos uma porção de gás de uma substância pura, confinado em um recipiente de paredes adiabáticas, adota-se apenas três variáveis macroscópicas: A pressão, o volume e a temperatura.

Um gás contido num recipiente de dimensões macroscópicas é formado por um número N gigantesco (tipicamente $N \sim 10^{24}$) de partículas. Se tratarmos cada um como ponto material, desprezando sua estrutura interna, teremos um sistema mecânico de $3N$ graus de liberdade. A descrição microscópica deste sistema como um sistema mecânico envolveria equações de movimento para todos estes graus de liberdade. Não somente é inconcebível que conseguíssemos resolver todas essas equações, mas também não teríamos nenhum interesse em fazê-lo. (NUSSENZVEIG, 2002, p.156)

Segundo NUSSENZVEIG, Pressão e Temperatura são variáveis macroscópicas que representam valores médios de grandezas microscópicas. A pressão está relacionada com a transferência de momentos das partículas com as paredes do recipiente, enquanto a temperatura está associada a energia cinética média de suas partículas.

Logo a descrição de um sistema termodinâmico se dá por meio de uma análise macroscópica que só se aplica a uma quantidade relativamente grande de partículas, que por sua vez relacionam informações médias sobre seu estado dinâmico, como um sistema microscópico de $3N$ graus de liberdade, o que faz a análise termodinâmica ser puramente estatística.

3.3.2 A lei zero da termodinâmica

Um sistema termodinâmico consiste em uma determinada quantidade de matéria contida em um recipiente, a natureza do material que o recipiente é feito definirá se haverá interação térmica entre a matéria contida em seu interior com o meio externo.

Tais materiais são definidos como adiabáticos e diatérmicos, onde:

- Adiabáticos: não permitem interação térmica
- Diatérmicos: permitem interação Térmica

Quando dois sistemas estão separados por uma parede de material diatérmico, é dito que estão em contato térmico, no caso de uma parede adiabática estão termicamente isolados.

As características físicas de muitos corpos variam quando interagem termicamente com outros, de acordo com TIPLER & MOSCA,

quando um corpo é aquecido ou resfriado, algumas de suas propriedades físicas se alteram. Se um sólido ou um líquido é aquecido, seu volume usualmente aumenta. No entanto, se um gás é aquecido e sua pressão é mantida constante, seu volume aumenta. No entanto, se um gás é aquecido e seu volume é mantido constante, é sua pressão que aumenta. Uma propriedade física que varia com a temperatura é chamada de propriedade termométrica. Uma variação da propriedade termométrica indica uma variação de temperatura de um corpo. (TIPLER & MOSCA, 2009, p.571)

De posse desta informação, é possível criar um instrumento capaz de mensurar e estabelecer o conceito de temperatura. O instrumento em questão chama-se Termoscópio (T), e pode ser constituído de uma bobina de cobre cuja resistência elétrica varia com a temperatura, entretanto no exemplo a seguir o instrumento não estará calibrado.

A figura 03 representa três sistemas termodinâmicos de paredes adiabáticas, em 1 temos o Termoscópio (T) em contato com o corpo A, os números exibidos pelo visor do Termoscópio variam até se estabilizar em 453, neste momento dizemos então que T e A estão em equilíbrio térmico.

O procedimento se repete em 2, no entanto o Termoscópio está em contato com o corpo B, e constata-se que eles atingem o equilíbrio térmico na mesma leitura

Por fim em 3 coloca-se os corpos A e B em contato e com o auxílio do Termoscópio constata-se que ambos estão em equilíbrio térmico.

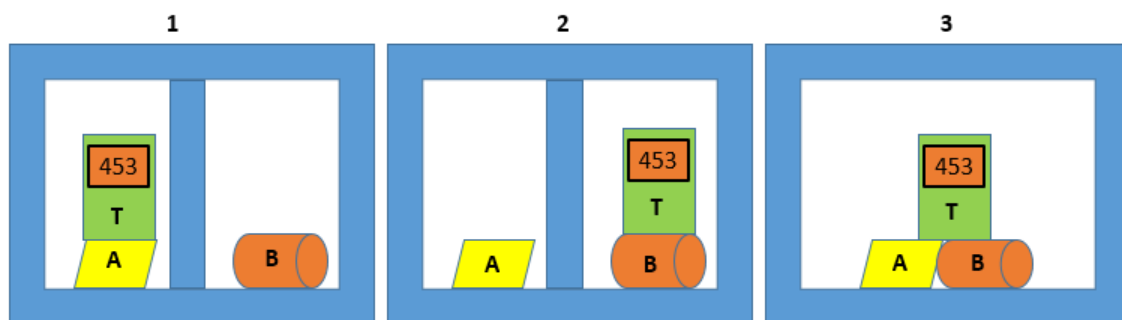


Figura 03: Condições para o equilíbrio térmico (Fonte: Autor, adaptado do HALLIDAY, vol. 2, 7ª Ed. p183)

O experimento mostrado na figura 03 está representando a lei zero da termodinâmica, que diz que: Se os corpos A e B estão individualmente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo T, então A e B estão em equilíbrio térmico.

Todo corpo possui uma propriedade chamada de Temperatura, quando dois corpos estão em equilíbrio térmico, suas temperaturas são iguais, e através deste comportamento poderemos calibrar termômetros e criar escalas termométricas.

3.3.3 Temperatura

A temperatura é uma das sete grandezas fundamentais do sistema internacional de unidades e medidas, e é medida em Kelvin. Segundo HALLIDAY (p.182, 2006), embora não exista um limite superior para a temperatura de um corpo, ela tem um limite inferior; este limite inferior de temperatura é tomado como o zero da escala Kelvin. Um sistema termodinâmico cuja temperatura é o zero Kelvin, teria seus átomos, moléculas e outros corpos microscópicos, completamente estáticos, já que a temperatura está intimamente ligada a energia cinética média associada com os movimentos aleatórios dos respectivos átomos e moléculas.

Para exemplificar a relação da energia cinética com a temperatura, adota-se por convenção uma determinada porção de um gás ideal monoatômico e com $3N$ graus de liberdade, sua temperatura será proporcional, à energia cinética média de suas moléculas, e pode ser entendida como:

$$T = 2EC / 3N \cdot R \quad (1)$$

Onde:

EC = Energia cinética das partículas que compõem este sistema

N = Número de Mols

R = Constante universal dos gases.

Se apropriando de grandezas que variam com a temperatura, é possível criar um instrumento que nos permita comparar proporcionalmente tais variações, a fim de obter significados numéricos para medidas de temperatura.

O termômetro padrão, em relação ao qual todos os outros devem ser calibrados, está baseado na pressão de um gás em um volume fixo.

Quando diferentes tipos de termômetros centígrados são calibrados na água com gelo e no vapor, eles concordam (por definição) em 0°C e em 100°C, mas fornecem leituras

A figura abaixo mostra um termômetro de gás a volume constante.

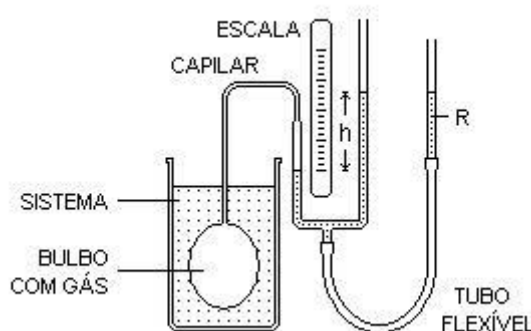


Figura 04: Termômetro a gás a volume constante (Fonte: autor)

Ele é constituído de um bulbo de gás ligado a um manômetro de mercúrio. O reservatório R é utilizado para ajustar o nível do mercúrio contido no capilar ao ponto desejado na escala, partindo do princípio dos vasos comunicantes, e então a temperatura de qualquer corpo em contato com o Bulbo ou com o líquido será diretamente proporcional a pressão exercida pelo gás na coluna de mercúrio, esta relação pode ser descrita por meio da equação.

$$T = CP \quad (2)$$

Onde:

P = Pressão exercida pelo gás

C = Constante de proporcionalidade.

Como a escala Kelvin é a unidade padrão de temperatura, adotaremos por convenção a temperatura do ponto triplo da água na escala Kelvin: $T_3 = 273,16 \text{ K}$, onde o subscrito 3 significa “ponto triplo”

Então se colocarmos em contato o Bulbo do termômetro a gás com uma célula de ponto triplo, teremos:

$$T_3 = CP_3 \quad (3)$$

E então P_3 agora é a pressão no gás,

Igualando as constantes nas equações 2 e 3 temos:

$$\frac{T}{P} = \frac{T_3}{P_3} \quad (4)$$

Colocando T em evidência:

$$T = T_3 \left(\frac{P}{P_3} \right) = 273,16 \left(\frac{P}{P_3} \right) \quad (5)$$

Onde P e P_3 são obtidos através do Teorema de Stevin para a situação descrita.

$$P = P_o - \rho gh \quad (6)$$

Onde:

P_o = Pressão Atmosférica

ρ = Densidade do Mercúrio no manômetro

h = Altura

3.3.4 Escalas Termométricas

As escalas termométricas são utilizadas para atribuir valores numéricos a medidas de temperatura em termômetro, qualquer propriedade termométrica pode ser usada para estabelecer uma escala de temperatura. O termômetro mais comum consiste em um bulbo de vidro, e um tubo contendo uma determinada quantidade de Mercúrio, quando este termômetro é colocado em contato com um corpo mais quente, o mercúrio se expande aumentando o comprimento da coluna de mercúrio.

Segundo TIPLER & MOSCA pode-se criar uma escala ao longo do tubo de vidro usando o seguinte procedimento:

Primeiro, o termômetro é colocado dentro do gelo e água em equilíbrio a uma pressão de 1 atm. Quando o termômetro está em equilíbrio térmico com o gelo e a água, marcamos o tubo de vidro no topo da coluna de mercúrio. Esta marca representa a temperatura do ponto do gelo da água. Depois, o termômetro é colocado dentro de água fervente a uma pressão de 1 atm. Quando o termômetro está em equilíbrio térmico com a água fervente marcamos o tubo de vidro no topo da coluna de mercúrio. Esta marca representa a temperatura do ponto de vapor da água. (TIPLER & MOSCA, 2009. p 572)

A escala de temperatura Centígrada atribui a marcação feita em equilíbrio térmico com o gelo fundente como o 0° centígrado, ao ponto de vapor como 100°

Centígrados, e o espaço entre as duas marcações são divididos em 100 intervalos iguais, entretanto a escala Centígrada possui uma relação de dependência muito grande com a propriedade termométrica. Um aperfeiçoamento é a escala Celsius que tem excelente concordância com a escala Centígrada.

3.3.5 As Escalas Celsius e Fahrenheit

A escala Celsius, ora também chamada como escala Centígrada, devido as 100 divisões de grau entre os pontos fixos fundamentais, em condições de pressão ideal. É a escala mais utilizada no mundo e teve seu modelo proposto pelo Sueco Anders Celsius (1701 – 1744).

A escala Celsius possui o mesmo intervalo de subdivisões da Kelvin, entretanto seus respectivos pontos fixos fundamentais são expressos por numerais diferentes. Tais escalas se relacionam por meio da relação:

$$TC = TK - 273,15^{\circ} \quad (7)$$

Onde:

TC = Temperatura em Celsius

TK = Temperatura em Kelvin

A escala Fahrenheit foi desenvolvida pelo cientista alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (24/05/1686 – 16/09/1736), também criador do termômetro de mercúrio, muito utilizada nos países de língua inglesa, utiliza um grau menor que as escalas Celsius e Kelvin, proporcionalmente falando: $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K} = 1,8^{\circ}\text{F}$. As escalas Celsius e Fahrenheit se relacionam por meio da relação

$$TF = \frac{9}{5}TC + 32^{\circ} \quad (8)$$

Onde:

TF = Temperatura em Fahrenheit

TC = Temperatura em Celsius

3.3.6 Dilatação térmica

A construção de um termômetro de mercúrio exemplifica perfeitamente o fenômeno da dilatação térmica, quando a coluna de mercúrio sofre variações proporcionais as mudanças de temperatura.

Segundo NUSSENZVEIG (2002, p. 163) a dilatação térmica corresponde a um aumento do espaçamento interatômico médio, entretanto esta variação de dimensões é mais claramente constatada em líquidos e gases, devido a força de coesão entre as partículas que formam a estrutura cristalina serem muito menor do que nos sólidos, e isto lhes garante uma maior liberdade de movimento.

Dilatação no Gases > Dilatação nos líquidos > Dilatação nos Sólidos

Quando um corpo sofre uma mudança de temperatura e altera apenas uma de suas dimensões, o comprimento, por exemplo, mantendo altura e largura inalteradas, chamamos esta dilatação de linear.

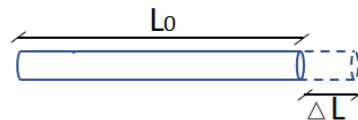


Figura 05: Dilatação linear em uma barra (Fonte: o autor)

E sua relação matemática é expressa por meio de:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (9)$$

Onde:

ΔL = Variação de comprimento

L_0 = Comprimento inicial

α = Constante de dilatação térmica

$\Delta \theta$ = Variação de temperatura

Entretanto, quando na decorrência de um aumento ou diminuição de temperatura, um corpo tem apenas uma de suas dimensões inalteradas em relação as outras duas, dizemos que este sofreu uma dilatação superficial, também chamada de variação de área.

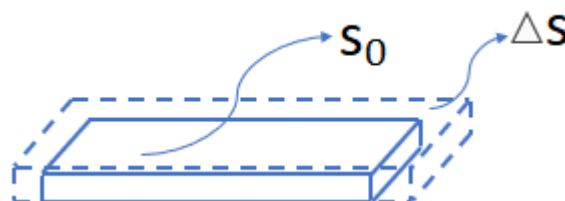


Figura 06: Dilatação Superficial de um material (Fonte: o autor)

E sua relação matemática é expressa por meio da equação:

$$\Delta S = S_0 \cdot 2 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (10)$$

Onde:

ΔS = Variação de superfície

S_0 = Superfície inicial

$2 \cdot \alpha = \beta$ = Coeficiente de Dilatação Superficial

$\Delta \theta$ = Variação de temperatura

E por fim, se um corpo possui todas as suas dimensões alteradas, quando sujeito a uma variação de temperatura, é dito que a dilatação é volumétrica.

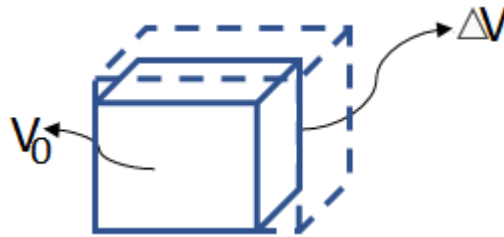


Figura 07: Dilatação Volumétrica de um cubo (Fonte: o autor)

E sua expressão é dada por:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3 \cdot \alpha \cdot \Delta \theta \quad (11)$$

Onde:

ΔV = Variação de volume

V_0 = Volume inicial

$3 \cdot \alpha = \gamma$ = Coeficiente de dilatação volumétrico

Na prática todas as dilatações de um sólido são volumétricas, pois uma alteração uni ou bidimensional implicará diretamente na alteração do volume.

3.3.7 Calor e sua propagação

Ao contrário da temperatura, o calor não é uma propriedade intrínseca de um corpo ou sistema, pois para caracterizá-lo é necessária a interação com outros corpos ou com o ambiente.

Do ponto de vista físico, calor é conceituado como energia térmica em trânsito, em decorrência de uma variação de temperatura, entretanto no senso comum, é muito recorrente associar calor a sensações fisiológicas.

Como calor é energia em movimento, sua unidade estabelecida pelo sistema internacional de unidade e medidas é o Joule, no entanto usualmente utiliza-se a caloria e o BTU (*British Thermal Unit*).

A caloria foi definida como a quantidade de calor necessário para elevar a temperatura de 1g de água de 14,5°C para 15,5°C, analogamente ao BTU, uma unidade de calor inglesa, muito utilizada em equipamentos de refrigeração, que tem como definição, a quantidade de calor necessário para elevar a temperatura de 1 libra de água de 63°F para 64°F.

Tais unidades possuem as seguintes relações: $1 \text{ Cal} = 4,18 \text{ J} = 3,961 \cdot 10^{-3} \text{ BTU}$

3.3.8 Meios de propagação do calor

Segundo HALLIDAY (2006, p.190) Calor é a energia transferida entre um sistema e seu ambiente devido a uma diferença de temperatura entre eles. Entretanto existem 3 mecanismos de transferência de calor, que são: Condução, Convecção e a Irradiação.

- **Condução:** ocorre quando existe um gradiente de temperatura em um meio estacionário.
- **Convecção:** ocorre quando há um gradiente de temperatura em um fluido e consequentemente as camadas que o compõem sofrem inversões.
- **Radiação:** ocorre quando um corpo com alta temperatura transfere calor para um de baixa temperatura, estando os dois corpos separados no espaço. Essa transferência é feita através de ondas eletromagnéticas

3.3.9 Trocas de calor por condução

A condução de calor ocorre entre as partículas de um determinado meio material cujas extremidades estão submetidas a diferentes temperaturas. No nível microscópico, esse fenômeno ocorre devido à transferência de energia das partículas mais energéticas para as menos energéticas através das interações entre elas. Como a condução é caracterizada pelo contato entre matéria, tal maneira impossibilita que se estabeleça um fluxo térmico no vácuo.

A condução de calor pode muito bem ser compreendida através da equação de Fourier, ou equação da condução de calor. Tal equação fornece a taxa na qual o calor é transferido de um ponto a outro do meio, ou seja, o fluxo térmico.

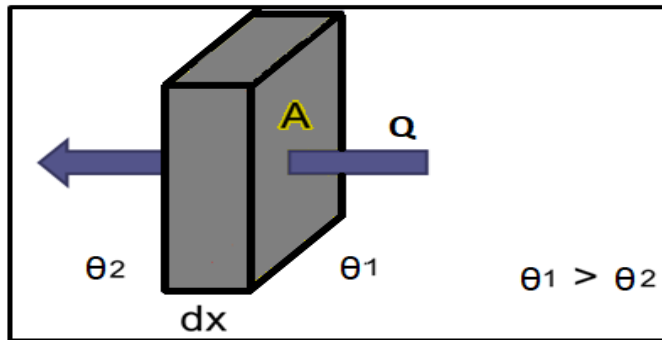


Figura 08: Situação ideal para a aplicação da equação de Fourier (Fonte: o autor)

$$Q = -Ak \frac{d\theta}{dx} \quad (12)$$

Onde:

Q = Fluxo de Calor (J/s ou W)

k = constante de condutibilidade térmica do material, e está relacionada à maior ou menor facilidade de os materiais conduzirem calor

A = Área do material

θ = Temperatura

x = Comprimento

Obs.: O sinal de negativo da equação se dá ao fato do fluxo natural do calor, ocorrer do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, logo seu gradiente é negativo. Assim para que o fluxo seja positivo é necessário multiplicar a equação por -1

3.3.10 Trocas de calor por Convecção

A transferência de calor por convecção ocorre em fluidos devido ao fato de que a densidade deles diminui e aumenta para altas e baixas temperaturas respectivamente. Assim, se camadas de fluidos se encontram sob diferentes temperaturas ocorrerá naturalmente a inversão destas camadas, onde a mais quente sobe e a mais fria desce. Dá-se a esse fenômeno o nome de convecção térmica.

A convecção pode ocorrer de duas maneiras. São elas: forçada e natural. Vejamos algumas aplicações:

Convecção forçada

É um tipo de transporte de calor por inversão térmica que ocorre devido à ação de um agente externo.

Convecção natural

É o tipo de transporte de calor onde a inversão térmica deve-se ao fato de o fluido possuir camadas com diferentes densidades devido às distintas temperaturas delas.

Equação da Taxa de Transferência de Calor:

A taxa de transferência de calor de uma superfície é dada pela equação abaixo, a qual é também conhecida como **Lei de Resfriamento de Newton**.

$$Q_c = h \cdot A \cdot \Delta\theta \quad (13)$$

Onde:

Q_c = Taxa de transferência de calor por convecção

A = Área das camadas de fluido que estão em contato

$\Delta\theta$ = Variação da temperatura entre as camadas

h = Coeficiente de calor por convecção

3.3.11 Trocas de calor por irradiação

Outra forma de transferência de energia é a irradiação, a qual, se dá por meio da radiação eletromagnética. Esse tipo de transporte ocorre a partir da aceleração de partículas eletricamente carregadas (elétrons, prótons ou íons). Uma característica bastante peculiar da radiação é que ela pode se propagar no meio material e no vácuo.

A energia radiante pode interagir de até três formas com a matéria. São elas: refletida (α), transmitida (β) ou absorvida (γ), onde os coeficientes mostrados representam a fração de cada um após a interação. Pode-se verificar que:

$$\alpha + \beta + \gamma = 1 \quad (14)$$

Vejamos alguns coeficientes para determinados dois materiais muito comuns em aplicações industriais:

Tabela 03: Coeficientes de Reflexão, Transmissão e Absorção (valores aproximados)

Material	γ	α	β
Negro de fumo	0,97	0,03	0
Placa de alumínio	0,1	0,9	0

Quando se estuda a radiação, um dos tópicos mais importantes é o estudo sobre o corpo negro. Este é um corpo hipotético, mas que pode ser obtido com bastante

aproximação. Na realidade recebe esse nome, pois, ele é capaz de absorver toda a energia radiante que atinge sua superfície, ou seja, $\gamma = 1$.

3.3.12 Capacidade térmica e Calor específico

Considere uma situação hipotética em que, tem-se dois corpos, compostos de substâncias diferentes em equilíbrio térmico com o ambiente. Então adiciona-se uma quantidade de calor igual a ambos, depois de um certo tempo, cada corpo apresentará variações de temperatura diferentes. Tal proposição constata a diferença entre o comportamento térmico das substâncias.

Para fundamentar esta situação, HALLIDAY (2006, p. 190) diz que: A capacidade Térmica C de um objeto é a constante de proporcionalidade entre o calor que o objeto absorve ou perde e a variação de Temperatura $\Delta\theta$ resultante do objeto e sua relação é expressa através da equação:

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \quad (15)$$

Onde:

C = Capacidade térmica

Q = Quantidade de calor

$\Delta\theta$ = Variação de temperatura.

Obs.: Mesmo que os corpos sejam feitos de um mesmo material, ainda sim terão capacidades térmicas diferentes se houver diferença de massa.

Considere agora uma segunda situação hipotética onde se tem dois corpos, compostos de uma mesma substância, porém com quantidades de massa diferentes. Como já foi visto anteriormente, ambos terão capacidades térmicas diferentes, entretanto se dividirmos suas capacidades térmicas por suas respectivas massas chegaremos a um valor constante, chamado de calor específico que obedecerá sempre esta relação.

$$c = C/m \quad (16)$$

Onde:

c = Calor específico

C = Capacidade térmica

M = Massa

Como podemos constatar o calor específico é uma propriedade característica da substância e indica a quantidade de calor necessário para variar em 1 grau Celsius, um grama de substância. No Si sua unidade é o J/kg K, a seguir a tabela mostra o calor específico de algumas substâncias.

Tabela 04: Calor específico da Água, Ferro e Ar.

Substância	Calor específico (Cal/g.°C)
Água	1
Ferro	0,114
Ar	0,240

3.3.13 Calor sensível e Calor latente

Quando um corpo recebe ou perde calor, ocasionalmente podem ocorrer duas coisas:

- Variação de temperatura
- Mudança de estado físico

Chamamos de calor sensível, a quantidade de calor responsável por variar apenas a temperatura de um corpo, e encontramos sua relação substituindo a eq. 15 na 16.

$$c = \frac{\frac{Q}{\Delta\theta}}{m} \quad (17)$$

Colocando Q em evidência, temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (18)$$

Onde:

Q = Calor sensível (cal)

c = Calor específico (cal/g.°C)

m = Massa (g)

$\Delta\theta$ = Variação de temperatura (°C)

Entretanto, quando o calor é transferido para uma amostra sólida ou líquida, nem sempre ocorre mudança de temperatura, ao invés disso pode ocorrer a mudança de estado físico, e denominamos o calor responsável por esta mudança de Calor Latente.

É importante destacar que durante a mudança de estado físico, não há variações de temperatura, toda a energia que o corpo recebe ou cede é utilizada para a mudança de fase.

Analogamente ao calor específico cada substância possui um calor de transformação, que é característico da substância e define quanto de energia cada unidade de massa da substância necessita ceder ou ganhar para mudar seu estado físico.

Na tabela abaixo, temos o calor de transformação de algumas substâncias, a pressão de 1 ATM.

Tabela 05: Calor de Transformação e Temperatura dos pontos fixos

Substância	Fusão		Vaporização (Cal/g)	
	Temperatura (°C)	Calor de Transformação (Cal/g)	Temperatura (°C)	Calor de Transformação (Cal/g)
Água	0	80	100	540
Álcool Etílico	-114	25	78	204
Oxigênio	-219	3,3	-183	51

E para determinar o Calor latente, utilizamos

$$Q = m \cdot L \quad (19)$$

Onde:

Q = Calor latente (Cal)

M = Massa (g)

L = Calor de transformação (Cal/g)

3.4 Os roteiros das aulas

Os roteiros foram elaborados com o objetivo de não tornar a aula muito extensa, procurou-se colocar no papel exatamente o que deve ser dito, para que o aluno tenha, na medida, a quantidade exata de conteúdo para determinada aula.

Para a leitura de todos eles é necessário o acompanhamento dos vídeos, pois eles contemplam somente a linguagem verbal da aula correspondente.

3.4.1 Roteiro da aula 01

Olá. Hoje vamos falar sobre termologia, que é a área da física que estuda temperatura e seus fenômenos, e de calorimetria, área que estuda o calor e seus fenômenos.

Importante distinguir, nesse primeiro momento, calor de temperatura, pois são grandezas físicas distintas. Enquanto a temperatura é uma grandeza que está relacionada a energia de movimento das partículas de um sistema, o calor é energia em trânsito, em movimento. Entretanto, comumente utilizamos este conceito a uma sensação fisiológica associada a ambientes com temperatura elevada.

Temperatura, calor, assim como massa, velocidade e comprimento, são o que chamamos de grandezas físicas e lembre-se, grandeza física é tudo o que é passível de medida.

Como foi dito, temperatura mede a energia cinética das partículas de um corpo ou sistema. Na panela de água fervente da animação é nítida a relação do aumento da temperatura com a agitação molecular, como mostra a animação relacionada ao estado microscópico do líquido. Já o calor é energia térmica em trânsito entre corpos de diferentes temperaturas. Ele é responsável pelas mudanças de estado físico, e nos ajuda a entender por exemplo, que o café esfria, quando colocado num ambiente à temperatura menor.

A energia térmica flui, espontaneamente, dos corpos de maior temperatura para os de menor, tendendo ao equilíbrio térmico, que ocorre quando ambos ficam à mesma temperatura. Nesse momento, quando a temperatura dos sistemas se iguala, o fluxo cessa.

3.4.2 Roteiro da aula 02

Na aula passada vimos que Calor é energia térmica em trânsito, enquanto Temperatura é uma grandeza física que mede o grau de agitação das moléculas de um sistema.

Mais ainda, vimos que o fluxo de calor espontâneo é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor. A aula de hoje é reservada ao estudo de escalas termométricas e termômetros.

O termômetro mais comum é construído de um capilar interno, preenchido com um líquido termométrico, que pode ser álcool colorido ou mercúrio, por exemplo, e permite precisar a dilatação térmica volumétrica do material contido no bulbo, quando em equilíbrio térmico com o sistema que se deseja medir. Trata-se de um processo de

expansão que será estudado mais adiante, mas que possibilita a medida de temperatura pela distinção com que sólidos e líquidos se dilatam. A partir da altura do capilar, constroem-se as escalas termométricas.

As escalas mais utilizadas são: Celsius (muito utilizada no Brasil), Fahrenheit (predominante nos países de língua inglesa) e Kelvin (também conhecida como escala absoluta). O Kelvin é a escala utilizada no SI. Para a construção das escalas utilizam-se os pontos fixos da água a uma atmosfera, ou seja, o ponto de fusão do gelo e o de ebulição da água.

Esses pontos são chamados fixos porque, uma solução de água e gelo, na temperatura de fusão do gelo, mantém sua temperatura inalterada mesmo recebendo ou perdendo calor para o meio externo. Neste caso a energia é utilizada para fundir o gelo ou solidificar a água, sem alterar a temperatura.

No caso da água em ebulição, o calor recebido pelo sistema transforma água líquida em vapor, ou seja, depois de atingir a temperatura de ebulição, a água permanece em ebulição, à temperatura constante, até que toda ela se transforme em vapor.

A tabela mostra, à pressão de uma atmosfera, as temperaturas de congelamento e ebulição da água, nas três escalas.

Tabela 06 – Temperatura para pontos fixos da água à pressão de 1 atm.

Escala	Ponto de fusão (PF)	Ponto de Ebulição (PE)
CELSIUS	0°C	100°C
FAHRENHEIT	32°F	212°F
KELVIN	273 K	373 K

Para construir uma relação entre elas, basta considerar a proporcionalidade matemática entre as escalas, usando conceitos geométricos, ou seja, a razão entre $T_C - 0$, sobre $100 - 0$ é proporcional a $T_F - 32$ sobre $212 - 32$.

Dessa forma é possível construir qualquer relação entre escalas distintas e então, transformar as temperaturas de uma escala para outra.

Duas coisas podem ser feitas para simplificar, omitir o menos zero no numerador e denominador da primeira fração, e ainda, dividir os dois denominadores por 20, que é o máximo divisor comum entre 100 e 180.

A relação Celsius-Fahrenheit fica, então, reduzida à:

$$\frac{TC}{5} = \frac{TF - 32}{9} \quad (20)$$

Obs.: Diante das **análises posteriores à aplicação do produto educacional** é importante observar que faltou, neste roteiro, a explicação sobre o fato de a escala Kelvin ser absolutamente necessária nos cálculos referentes aos gases ideais, tema posterior ao conteúdo tratado aqui, diante da impossibilidade de substituir, por exemplo, a temperatura de 0 °C na equação $\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$.

3.4.3 Roteiro da aula 03

Sobre a aula passada, vimos que o Termômetro é um instrumento de medida de temperatura que funciona graças a relação entre a variação da coluna de mercúrio, por exemplo, com a temperatura em que ele está. Essa altura da coluna de mercúrio independe da escala utilizada para medi-la, assim, a mesma temperatura pode ser expressa em diferentes escalas, como a Celsius, a Fahrenheit ou Kelvin.

Da proporcionalidade tiramos a relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit, e, da mesma forma, podemos agora relacionar as três.

Para relacionar as escalas Celsius e Kelvin, utilizaremos a relação proporcional entre $T_C - 0$ sobre $100 - 0$ e $T_K - 273$ sobre $373 - 273$. Efetuando essas operações tem-se $T_C/100 = (T_K - 273) / 100$. Os 100 de ambos os denominadores se anulam e a relação Celsius-Kelvin fica $T_C = T_K - 273$

E agora faremos o mesmo processo para relacionar a três escalas e para construir uma relação entre elas, basta considerar a proporcionalidade entre as escalas, usando conceitos geométricos, como fizemos anteriormente, ou seja, a razão entre $T_C - 0$, sobre $100 - 0$ é proporcional a $T_F - 32$ sobre $212 - 32$, assim como $T_K - 273$ sobre $373 - 273$. Dessa forma é possível construir qualquer relação entre escalas distintas e, então, transformar as temperaturas de uma escala a outra. E, por fim, temos a relação Celsius-Fahrenheit – Kelvin que é $T_C/5 = (T_F - 32) / 9 = (T_K - 273) / 5$

Transformar temperatura ou variação de temperatura são coisas diferentes. No caso da variação, basta parar já no primeiro estágio das relações, pois $T_C - 0$ é o mesmo que a variação na escala Celsius, assim como $TF - 32$ é a variação na escala Fahrenheit e $T_K - 273$ é a variação na escala Kelvin. Assim para transformar variações de temperatura utilizaremos esta relação.

Note que as escalas Celsius e Kelvin têm 100 divisões entre os pontos fixos e a escala Fahrenheit 180, por este modo as variações de temperatura nessas duas escalas são equivalentes.

A menor temperatura que um sistema poderia atingir seria o zero absoluto, ou seja, o Zero da escala Kelvin. Isso significa que a escala Kelvin não tem temperaturas negativas, enquanto as outras têm. Veja na figura que a escala Celsius e a Fahrenheit chegam a valores negativos de -273 e -459 respectivamente, que equivalem ao zero Kelvin.

3.4.4 Roteiro da aula 04

O assunto hoje é dilatação térmica. Trata-se de compreender que qualquer substância ou corpo responde ao aquecimento ou resfriamento com aumento ou diminuição de tamanho, como veremos a seguir.

Um corpo cujas dimensões de altura e largura possam ser desprezadas diante do comprimento, será tratado como unidimensional. Neste caso, ao considerar apenas o comprimento, a dilatação é dita linear.

Veja na figura, que se considera um corpo de comprimento L_0 (comprimento inicial), à temperatura T_0 . Ao ser aquecido até a temperatura T , seu comprimento passa a ser L , tendo aumentado o que se denomina ΔL , ou seja, a variação no comprimento. As relações matemáticas são obtidas experimentalmente:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (21)$$

Onde α é o coeficiente de dilatação linear do material e sua unidade é: $\alpha = \frac{1}{^\circ\text{C}}$

É possível que um corpo tenha somente uma das dimensões desprezível em relação as outras duas, comprimento e largura, por exemplo, neste caso, trata-se de uma superfície, ou área, e a dilatação ocorre em duas dimensões. É a dilatação superficial, cuja expressão é muito similar à anterior, ou seja,

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T \quad (22)$$

Neste caso, 2α é denominado β , que é a constante de dilatação superficial do material, cuja unidade é a mesma de α .

Este conhecimento pode evitar, por exemplo, que o asfalto se trinque sobre pontes e viadutos, com a inserção de espaços que permitam que a dilatação dele seja absorvida pela estrutura.

No caso da dilatação volumétrica, todas as dimensões são relevantes e o corpo sofre alterações em três dimensões, ou seja, no volume, que considera comprimento, largura e espessura. A expressão de dilatação volumétrica é:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T \quad (23)$$

Onde 3α é denominado γ , que é a constante de dilatação volumétrica e, novamente, mantém a unidade como as anteriores.

A dilatação volumétrica vai exigir uma reflexão a mais, pois os líquidos são armazenados em recipientes de materiais sólidos, mas líquidos e sólidos dilatam-se de formas distintas. Isso ocorre porque o coeficiente de dilatação volumétrica dos sólidos é muito menor que o dos líquidos.

$$\gamma_{\text{sólidos}} \ll \gamma_{\text{líquidos}}$$

Isso corresponde a dizer que ao serem aquecidos juntos, os volumes finais dos líquidos superam os dos recipientes que os contém. Daí, é comum ouvir que se o tanque de um carro estiver completamente cheio, de manhã, quando a temperatura é mais amena, e ele for deixado ao sol do meio dia, o combustível derramará. Isto porque tanto o tanque quanto o líquido se dilatam, mas o líquido derrama porque seu volume aumentará de uma quantidade maior, de modo que o tanque não comportará, mesmo tendo dilatado um pouco, o volume excedente de combustível.

Para esses casos é necessário considerar as duas dilatações para saber o quanto do líquido derramará.

Só lembrando, Δ significa variação, e é sempre final menos inicial. Assim, ΔT é temperatura final menos a inicial, ΔL , comprimento final menos comprimento inicial, e assim por diante, até ΔV , ou seja, volume final menos volume inicial.

Note que, a temperatura final for menor que a inicial, ao invés de dilatar, o corpo contrai. A forma de calcular a contração é a mesma, a menos de um sinal negativo que deve aparecer, por causa do ΔT ser, neste caso, negativo.

3.4.5 Roteiro da aula 05

Vimos na aula passada como se constroem as relações entre as três mais importantes escalas termométricas. Vimos também como transformar temperaturas e variações de Temperatura.

Uma coisa importante sobre a última aula é que a palavra graus acompanha o valor numérico que representa temperaturas, em qualquer escala, com exceção da Kelvin.

Também relacionada à escala Kelvin, por tratar-se da escala absoluta, não tem sentido falar em temperaturas negativas, já que a menor temperatura de um sistema seria o 0 K. No entanto, para outras escalas é muito comum encontrar, por exemplo, -10°C , ou -25°F .

Na aula de hoje veremos como se dá a propagação de calor, definido como energia térmica em trânsito. As unidades são: No SI, Joule, no sistema usual, caloria.

Uma caloria corresponde a aproximadamente 4,2 J, ou seja, é possível transformar as unidades do calor por meio dessa relação. Mas cuidado, quando o assunto é caloria alimentar é importante observar que nos rótulos dos alimentos a unidade é Kcal. Assim como um 1 km, significa 1000 metros, também a kcal, significa 1000 calorias.

A propagação do calor se dá de três formas principais: por condução, por convecção e por radiação.

Na condução, o aumento de temperatura de uma porção do material sólido imprime maior vibração às moléculas próximas, o que, por sua vez, implica no aumento de temperatura de partes do material que não necessariamente estão em contato com a fonte de calor.

Obs.: Por condução o calor não se propaga no vácuo, pois para haver transferência de calor por condução, necessita-se de matéria.

Existem materiais que conduzem calor com mais facilidade, a estes denominamos condutores de calor, enquanto os materiais que dificultam o transporte de energia, chamamos isolantes térmicos.

A tabela mostra os valores de condutividade térmica de alguns materiais. Note que quanto menor for a constante de um material melhor isolante ele será e o contrário se aplica aos condutores.

Os bons isolantes térmicos são aqueles que minimizam as trocas de calor, portanto, blusas de lã, permeadas por grossas camadas de ar (que é um bom isolante térmico) impedem que nosso corpo perca calor para o ambiente, por isso nos protege nos períodos frios. Veja aqui o exemplo de um corpo construído para minimizar a troca de calor entre um líquido, o café por exemplo, e o ambiente externo. Trata-se de um

equipamento que visa manter a temperatura inicial do café, ou seja, manter o café quentinho por um longo período.

Para isso, a tampa e o apoio da garrafa são construídos de material isolante, mas, além disso, existe uma quantidade mínima possível de ar, que podemos considerar como o vácuo, para impedir trocas de calor por condução, e a parede interna é espelhada, para manter o calor dentro da garrafa por radiação. Tanto a convecção quando a radiação serão temas das próximas aulas. Até lá.

3.4.6 Roteiro da aula 06

Na aula passada vimos que, na Física, o que chamamos calor é energia em trânsito. Vimos também que 1 cal corresponde a 4,2 J e que a letra k, antes de caloria, multiplica cada caloria por mil, e é assim que a caloria alimentar aparece nas embalagens dos alimentos. Não como calorias, mas como quilocalorias, ou seja, mil calorias. Também vimos que a propagação do calor se dá de três formas principais: por condução, por convecção e por radiação, embora tenhamos estudado somente a transmissão de calor por condução.

Neste caso, o transporte de energia, seguido de consequente aumento de temperatura, decorre do contato entre a parte do sólido com a fonte de calor e com outras partes do mesmo corpo.

Vimos também que, quanto maior a condutividade térmica do material, melhor ele se comportará como condutor térmico, o que implica que o corpo é um isolante ruim. Note que a recíproca também é verdadeira, ou seja, quanto melhor é um isolante, pior ele conduz calor.

Hoje o assunto é outra forma de condução de calor, a convecção. Por convecção há propagação de matéria e energia, que ocorre por causa da diferença de densidade entre as partes quentes e frias de determinada substância. Esta é a forma de transporte de calor nos fluidos, que são os líquidos e os gases.

Ao aquecerem, os fluidos aumentam de volume e tornam-se, portanto, menos denso, já que a densidade e o volume são grandezas físicas inversamente proporcionais, quando a massa é fixada. Neste caso, o fluido menos denso (quente) sobe, enquanto o mais denso (frio) desce, vindo a ocupar o lugar do que subiu.

Da mesma forma como acontece na condução, como vimos anteriormente, o fluxo de energia, ou calor, vai espontaneamente das regiões de maior temperatura para as de

menor temperatura. Este processo é responsável pelo que chamamos brisas litorâneas. Por causa do alto calor específico [$1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$], a água do mar sofre pequena variação de temperatura. O continente, ao contrário, tem uma variação de temperatura maior que a do mar.

Durante o dia, a superfície de terra está mais quente que o mar, então o ar quente do continente sobe e o ar do mar desloca-se para o continente. Temos a brisa marítima.

Durante a noite, a terra resfria-se rapidamente e o mar torna-se mais quente que a terra, então o ar quente sobre o mar sobe e o ar da terra desloca-se para o mar, ao que chamamos, brisa terrestre.

Note que, embora a definição de energia seja muito mais complexa do que a noção que temos do que energia é, uma coisa é certa: o sol é o grande responsável por todas as formas de energia que permitem a vida na Terra. Você poderia perguntar, por exemplo, mas e a energia das hidrelétricas, onde a água é o agente responsável por girar turbinas e, conseqüentemente, gerar energia elétrica? A resposta fica por sua conta, diante de uma nova pergunta que eu posso te fazer: a água que desce dos rios, foram levadas as cabeceiras pela chuva, certo? E quem é o agente que evapora água para reiniciar o ciclo?

3.4.7 Roteiro da aula 07

Olá, na aula passada vimos que a convecção é a forma da energia se propagar nos fluidos, por causa da diferença de densidade de partes do próprio fluido, a diferença de temperatura é também responsável pelas trocas de calor entre ambientes de modo espontâneo, o subir e descer de porções de massas quentes e frias de um mesmo material, permite as trocas que fazem surgir as brisas litorâneas, parte desse conhecimento será mais bem explicado na próxima aula, uma propriedade das substâncias puras, o calor específico.

Por hora finalizaremos o assunto de propagação de calor, pelo fenômeno da radiação. A propagação do calor por radiação é devida principalmente as ondas eletromagnéticas na faixa do infravermelho, mas todo corpo que possui temperatura acima do zero absoluto emite calor por radiação, a radiação eletromagnética se transporta inclusive no vácuo, e é desta forma que o Sol transmite energia para o planeta em que vivemos. Mas já que as ondas eletromagnéticas são o foco da nossa observação, vale lembrar que as ondas ao atingirem uma superfície, elas podem sofrer Reflexão, ao

atingirem principalmente superfícies espelhadas. Absorção, no caso de superfície escuras e Refração em superfícies predominantemente transparentes.

Um fenômeno importante para a manutenção da vida na Terra, é o efeito estufa, que ocorre quando as ondas de calor emitidas pelo sol, penetram a nossa atmosfera, sofrendo refrações internas que são por sua vez responsáveis por fazer com que o calor fique retido na superfície do planeta.

Estima-se que se esse fenômeno não existisse, a temperatura ambiente da Terra diminuiria em torno de 30°C , imagine agora uma temperatura ambiente 30° mais baixa do que a que temos, o efeito indesejável deste fenômeno que aumenta demais a temperatura e é decorrente, por exemplo da poluição do ar, pode ser mais bem compreendido através de outro exemplo, e é o que ocorre dentro dos automóveis, quando expostos ao sol, a refração da onda eletromagnética, neste caso é responsável por superaquecer este ambiente, assim quando você ouvir falar sobre o efeito estufa, considere os bons e os maus efeitos que ele conduz, levando em conta os conhecimentos da Física necessários para a sua compreensão.

3.4.8 Roteiro da aula 08

Na aula passada o tema foi trocas de calor por radiação. O mais importante é você saber que o agente responsável pelo transporte de energia, neste caso, é a onda eletromagnética, que se propaga tanto nos meios materiais quanto no vácuo e, note: elas são as únicas a transportar energia por meio do vácuo.

Por se tratar de uma onda, sofre os fenômenos da reflexão e refração, e esse conhecimento nos permite compreender os fenômenos envolvidos na construção de garrafas térmicas e usinas solares, por exemplo, além de associar as ondas eletromagnéticas ao efeito estufa.

Só para lembrar, a reflexão é o fenômeno físico no qual a onda, ao encontrar uma barreira, altera a direção ou sentido de propagação, mas continua no mesmo meio. Isso é importante porque a velocidade de propagação de uma onda depende do meio, assim, na reflexão a velocidade da onda permanece constante. Já, na refração, ao incidir numa fronteira de separação entre dois meios diferentes, a onda passa para o outro meio. Isso implica que sua velocidade muda, porque muda o meio de propagação.

O tema de hoje é calorimetria, primeiro você precisa saber a definição de capacidade térmica – ler o primeiro texto do slide.

Matematicamente, a capacidade térmica, representada pela letra C maiúscula, é a razão entre a quantidade de calor e a variação da temperatura. A capacidade térmica de duas colheres constituídas de substâncias diferentes: uma de metal e outra de madeira, é diferente, pois o material vai influenciar na capacidade de cada uma. Se fossem do mesmo material, mas de tamanhos diferentes, isso seria importante considerar, pois o tamanho está relacionado a massas diferentes. Isso vai nos exigir olhar para uma outra grandeza física, que relacione a capacidade à massa.

O calor específico é a quantidade de calor necessário para variar de 1°C , um grama de substância. É dado pela relação entre Capacidade e massa. Se você comparar essa relação com aquela mostrada anteriormente, Capacidade térmica igual a Q sobre ΔT , vai chegar à outra grandeza física, a quantidade de calor Q , que é o produto entre massa, calor específico e variação de temperatura. Leia as unidades do calor específico.

Veja que o calor específico depende das substâncias puras, diferente da capacidade térmica que pode ser associada a corpos, constituídos, inclusive, de mais de um material.

O calor específico é propriedade da substância, e a tabela mostra alguns desses valores, relacionados às substâncias diferentes. Compare os valores do calor específico da água e do aço. Se considerar a mesma quantidade dos dois, o calor específico da água, uma caloria por grama grau Celsius é dez vezes maior que o do aço, que é somente $0,10 \text{ cal/g}\cdot^{\circ}\text{C}$. Isso significa dizer que a água precisa de 10 vezes mais energia do que o aço para sofrer a mesma variação de temperatura.

Note que, quando se trata de calor sensível, é implícito que há variação de temperatura e, mais, se a variação de temperatura for positiva, ou seja, se a temperatura final for maior que a inicial, significa que o corpo recebeu energia, e aí a quantidade de calor é também positiva.

Se, ao contrário, a variação de temperatura for negativa, ou seja, se a temperatura final for menor que a inicial, o corpo perdeu energia e a quantidade de calor relacionada será negativa.

3.4.9 Roteiro da aula 09

Na aula passada iniciamos o estudo da calorimetria, pela definição de capacidade térmica, que é uma grandeza física associada aos corpos e às substâncias puras, como

sendo a razão entre a quantidade de calor e a variação da temperatura que essa quantidade promove, ao ser absorvida ou cedida por um sistema.

Já o calor específico é exclusividade das substâncias, e representa a quantidade de calor necessária para variar de 1°C, um grama do material. É dado pela relação entre capacidade térmica e a massa. Por fim, chegamos à expressão da quantidade de calor sensível Q , que é o produto entre massa, calor específico e variação de temperatura.

Nem toda quantidade de calor recebida ou cedida por um sistema é sensível. Isso significa dizer que nem sempre, ao receber ou ceder calor, a temperatura de um sistema varia, e é disso que trataremos hoje: do calor latente. Ele está relacionado à quantidade de calor necessária para promover mudança no estado físico de agregação das partículas de um sistema. O quadro a seguir mostra essas relações.

O processo de Fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido, enquanto o inverso denomina-se Solidificação. Do estado líquido para o de vapor tem-se a Vaporização, enquanto, de vapor para líquido, tem-se a Liquefação ou Condensação.

Se a substância passar direto do estado sólido para o de vapor, ou o contrário, do vapor para o sólido, o nome que se dá é o mesmo, ou seja, Sublimação.

Como vimos, o ponto de solidificação, ou congelamento da água, assim como o ponto de ebulição que, a uma atmosfera, ocorre nas temperaturas de 0 e 100 °C, respectivamente, são conhecidos por pontos fixos. Essa denominação, fixo, deve-se ao fato de que durante os processos de mudança de estado a temperatura em que essas mudanças acontecem permanecem inalteradas, ou seja, não ocorre variação de temperatura.

Assim como o calor específico de uma substância é a constante relacionada à variação de temperatura, o calor latente é a constante relacionada à mudança de estado. A equação é:

$$Q = m \cdot L \quad (23)$$

e as unidades são, no SI, o Joule por quilograma, e a usual caloria por grama. A tabela a seguir mostra os calores latentes de fusão e vaporização para algumas substâncias.

3.5 A escolha dos exercícios

Na leitura dos exercícios a seguir, logo no início e entre parênteses e **negrito**, encontram-se notações referentes às fontes de onde foram retirados, exatamente como aparecem no original.

Os exercícios, para terem validade como exercícios de fixação e para possibilitarem ao professor intervir durante cada aula, especificamente, foram escolhidos dentro dos critérios da avaliação da aprendizagem, ou seja, totalmente em consonância ao tema estudado, como mostrado a seguir:

3.5.1 Lista de exercícios 01

1. Sobre os conhecimentos que você possui sobre a temperatura, assinale a alternativa correta.

- a) A temperatura é uma grandeza física que não pode ser medida.
- b) Temperatura é energia térmica em trânsito.
- c) Temperatura é a grandeza física que mede o grau de agitação molecular.
- d) Quanto mais as moléculas de um corpo se agitam, menor a sua temperatura.
- e) Quente e frio não são sensações fisiológicas relacionadas a temperatura.

2. Quando uma enfermeira coloca um termômetro clínico de mercúrio embaixo do braço de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário

- a) para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.
- b) para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.
- c) devido à diferença entre os valores do calor específico do mercúrio e do corpo humano.
- d) porque o coeficiente de dilatação do vidro é diferente do coeficiente de dilatação do mercúrio
- e) devido o termômetro ser um instrumento ineficiente para medir a temperatura

3. O que acontece com as moléculas de uma substância, quando esta é aquecida?

- a) Ficam mais agitadas e afastadas umas das outras
- b) Ficam mais agitadas e unidas umas das outras.
- c) Ficam mais lentas e afastadas umas das outras.
- d) Ficam mais lentas e unidas umas das outras.
- e) Ficam completamente paradas.

4. Transferência de energia de um corpo a outro devido à diferença de temperatura entre eles.” Esta é a definição de

- a) Força.
- b) Temperatura.
- c) Corrente elétrica.

- d) Calor.
- e) Trabalho.

5. Como chamamos a transferência de calor de um corpo quente para um corpo frio, até que os dois estejam na mesma temperatura?

- a) Dilatação térmica.
- b) Equilíbrio térmico.
- c) Sensação fisiológica.
- d) Termologia.
- e) Sensação térmica.

3.5.2 Lista de exercícios 02

1. Lorde Kelvin estabeleceu uma associação entre a energia de agitação das moléculas de um sistema e a sua temperatura. Deduziu que a uma temperatura de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$, também chamada de zero absoluto, seria a menor temperatura possível. A respeito do zero absoluto é correto afirmar.

- a) Com o avanço da tecnologia é bastante provável que os cientistas consigam em seus laboratórios realizar experimentos com temperatura igual ao zero absoluto.
- b) Apenas micróbios e bactérias muito resistentes conseguiriam sobreviver a esta temperatura.
- c) A movimentação molecular de um corpo a 0°C é igual a de um corpo no zero absoluto.
- d) A energia cinética (de movimento) das moléculas de um corpo no zero absoluto é nula.
- e) No zero absoluto a entropia de um sistema é máxima.

2. Um aluno utiliza simultaneamente dois termômetros clínicos idênticos para efetuar a medida da temperatura de um corpo. Entretanto um termômetro está graduado na escala Celsius e outro na escala fahrenheit. Nessas condições, pode-se afirmar que:

- a) as alturas das colunas de mercúrio serão diferentes, quando os termômetros entrarem em equilíbrio térmico com o corpo.
- b) as alturas das colunas de mercúrio serão iguais, entretanto com valor numérico diferente.
- c) apenas um dos dois termômetros marcará a temperatura correta.
- d) o valor numérico marcado no termômetro graduado em Celsius será maior que a do termômetro graduado em Fahrenheit.
- e) as alturas das colunas de mercúrio serão iguais e o valor numérico da temperatura também.

3. Sobre os pontos fixos fundamentais, a temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ possui a mesma equivalência na escala Fahrenheit, em qual das alternativas abaixo.

- a) $212\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- b) $100\text{ }^{\circ}\text{F}$.

- c) 373 °F.
- d) 32 °F.
- e) 0 °C.

4. (**g1 – CPS 2012**) Em algumas cidades brasileiras encontramos, em vias de grande circulação, termômetros que indicam a temperatura local medida na escala Celsius. Por causa dos jogos da copa, no Brasil, os termômetros deverão passar por modificações que permitam a informação da temperatura também na escala fahrenheit, utilizada por alguns países. Portanto, após essa adaptação, um desses termômetros que indique, por exemplo, 25°C também apontará a temperatura de:

- a) 44 °F.
- b) 58 °F
- c) 64 °F.
- d) 77 °F.
- e) 86 °F.

3.5.3 Lista de exercícios 03

1) Se uma substância qualquer elevar sua temperatura em 20° na escala Celsius, assinale a alternativa correspondente a mesma variação na escala Kelvin.

- a) 20 K.
- b) 293 K.
- c) 36 K.
- d) 98 K.
- e) NDA (nenhuma das alternativas).

2) Quando se deseja realizar experimentos a baixas temperaturas, é muito comum a utilização de nitrogênio líquido como refrigerante, pois seu ponto normal de ebulição é de -196 °C.

Na escala Kelvin, esta temperatura vale:

- a) 100 K.
- b) 77 K.
- c) 196 K.
- d) 273 K.
- e) 469 K.

3) (**UEGO- GO**) Uma senhora, com um filho hospitalizado, vem chorando pela rua e para alguém, ao acaso, suplicando-lhe que explique as estranhas palavras do médico sobre o estado de seu filho: “Minha senhora, a temperatura corporal de seu filho sofreu uma variação de +2 K”.

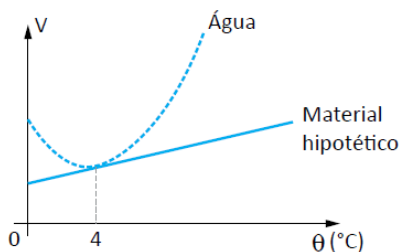
Considerando o que foi dito pelo médico, qual seria a resposta correta para se dar a essa mãe desesperada?

- a) “A temperatura corporal de seu filho aumentou ou diminuiu $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”
 - b) “O seu filho sofreu uma variação de temperatura de $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.
 - c) “A temperatura corporal de seu filho é de $99\text{ }^{\circ}\text{F}$ ”.
 - d) “A temperatura corporal de seu filho aumentou $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.
 - e) “O seu filho sofreu uma variação de temperatura de $+275\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.
- 4) Uma variação de temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ na escala Fahrenheit corresponde a:
- a) $112\text{ }^{\circ}\text{F}$.
 - b) $212\text{ }^{\circ}\text{F}$.
 - c) $132\text{ }^{\circ}\text{F}$.
 - d) $180\text{ }^{\circ}\text{F}$.
 - e) $68\text{ }^{\circ}\text{F}$.

3.5.4 Lista de exercícios 04

1. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do ferro é 1.10^{-5} , determine o coeficiente de dilatação superficial.

- a) $4.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
 - b) $0,48.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
 - c) $2,4.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
 - d) $4,8.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
 - e) $2.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
2. (UFPEL-RS) – A água, substância fundamental para a vida no planeta, apresenta um comportamento anômalo. Suponha que um recipiente, feito com um determinado material hipotético, se encontre completamente cheio de água a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. No gráfico a seguir temos o comportamento dos volumes, em função da temperatura, para o material hipotético e para a água.



De acordo com o gráfico e seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- a) apenas a diminuição de temperatura fará com que a água transborde do recipiente.
- b) qualquer variação de temperatura fará com que a água transborde do recipiente
- c) tanto o aumento de temperatura quanto sua diminuição não provocarão transbordamento da água do recipiente.

- d) a água não transbordará do recipiente, com um aumento de temperatura, somente se o coeficiente de dilatação volumétrica da água for maior que o do recipiente
- e) a água transbordará do recipiente somente para temperaturas negativas.

3.(PUC-SP) – O tanque de álcool de 45 L de um automóvel é preenchido completamente pelo motorista numa noite fria (5 °C). Em seguida, o motorista guarda o veículo na garagem. Se a temperatura ambiente da manhã seguinte for de 25 °C, quanto álcool terá vazado do tanque pelo “ladrão”? Dados: despreze a dilatação do tanque. Coeficiente de dilatação do álcool etílico: $\gamma = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

- a) 0,5 L.
- b) 2 L.
- c) 1 L.
- d) 4L.
- e) 250 ml.

4. UFF-RJ – Uma placa de dimensões 10 cm x 20 cm x 0,5 cm tem em seu centro um furo cujo diâmetro é igual a 1,00 cm quando a placa está à temperatura de 20 °C. O coeficiente de dilatação linear do metal da placa é $20 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Quando a temperatura é de 520 °C, a área do furo:

- a) Aumenta 1%.
- b) Aumenta 2%.
- c) Diminui 1%.
- d) Diminui 2%.
- e) Não se altera.

3.5.5 Lista de exercícios 05

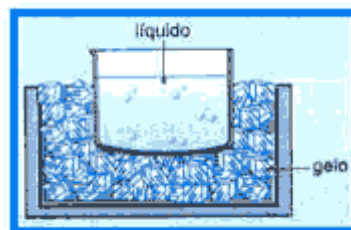
1. Sabe-se que calor é uma grandeza física que pode ser medida, e por este modo o sistema internacional de unidades e medidas estabelece o joule (J) como unidade padrão de calor, entretanto, usualmente utiliza-se a caloria para mensurar a energia térmica que transita entre corpos de diferentes temperaturas. De posse dessas informações e de seus conhecimentos sobre a equivalência entre unidades, assinale a alternativa que indica quantos joules equivalem a 10 calorias.

- a) 4,2 J.
- b) 1 J.
- c) $1 \cdot 10^3$ J.
- d) 42 J.
- e) 100 J.

2. Uma carteira escolar é construída com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda, embora todo o conjunto esteja em equilíbrio térmico:

- a) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor.
- b) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor
- c) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro.
- d) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira.
- e) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a madeira conduz melhor o calor.

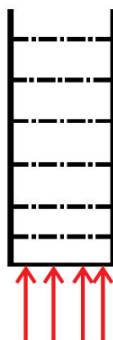
3. (UFES) Para resfriar um líquido, é comum colocar a vasilha que o contém dentro de um recipiente com gelo, conforme a figura. Para que o resfriamento seja mais rápido, é conveniente que a vasilha seja metálica, em vez de ser de vidro, porque o metal apresenta, em relação ao vidro, um maior valor de:



- a) Calor específico.
 - b) Condutividade térmica.
 - c) Coeficiente de dilatação térmica.
 - d) Energia interna.
 - e) Calor latente de fusão.
4. Uma garrafa térmica tem paredes prateadas e duplas com vácuo no espaço intermediário. A vantagem de se fabricarem garrafas térmicas assim é porque:
- a) O vácuo facilita as trocas de calor do interior da garrafa com o ambiente.
 - b) As paredes prateadas servem para deixar a garrafa mais bonita por dentro.
 - c) O vácuo não possibilita as trocas de calor por condução.
 - d) A constante de condutibilidade térmica do vácuo é muito alta.
 - e) As paredes espelhadas servem para evitar as trocas de calor por convecção.

3.5.6 Lista de exercícios 06

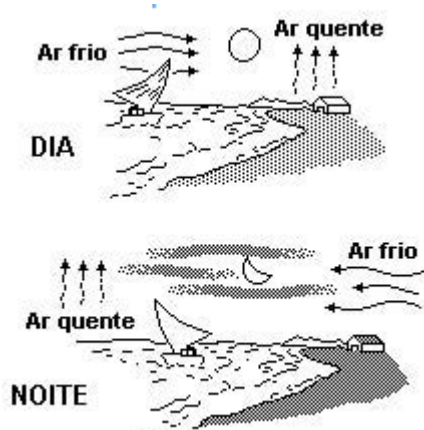
1) **(UFSCar-SP)** Um recipiente cilíndrico de vidro tem área da base relativamente pequena se comparada com a sua altura. Ele contém água, à temperatura ambiente, até quase a sua borda. A seguir, ele é colocado sobre a chama de um fogão, como ilustra a figura.



A transmissão do calor através das moléculas da água, durante seu aquecimento, ocorre apenas por:

- a) Condução.
 - b) Convecção.
 - c) Irradiação.
 - d) Condução e Convecção.
 - e) Convecção e Irradiação.
2. **(UEA-AM)** Devido ao forte calor em Manaus, é comum a instalação de aparelhos de ar condicionado, principalmente em locais públicos fechados. O ar resfriado por esses aparelhos troca calor com o ambiente interno, principalmente por:
- a) Convecção e esse processo necessita de um meio material para realizar-se.
 - b) Convecção e esse processo ocorre nos meios materiais e no vácuo.
 - c) Irradiação e esse processo não ocorre nos meios materiais e no vácuo.
 - d) Condução e esse processo depende da umidade do ar, que é um meio material.
 - e) Condução e esse processo não ocorre nos meios materiais e no vácuo.
3. Marque a alternativa correta a respeito do fenômeno da convecção.
- a) A convecção é caracterizada pela passagem de calor de molécula a molécula de um material.
 - b) Esse fenômeno é o único responsável pela ocorrência do efeito estufa.
 - c) Esse fenômeno é caracterizado pelo transporte de calor através das ondas eletromagnéticas.
 - d) A convecção pode ser definida como o transporte de massa motivado por variações de densidade e temperatura.
 - e) A convecção ocorre em qualquer tipo de material.
4. Durante o dia, o ar próximo à areia da praia se aquece mais rapidamente do que o ar próximo à superfície do mar. Desta forma o ar aquecido do continente sobe e o ar mais frio do mar desloca-se para o continente, formando a brisa marítima. À noite, o ar sobre

o oceano permanece aquecido mais tempo do que o ar sobre o continente, e o processo se inverte. Ocorre então a brisa terrestre.



Dentre as alternativas a seguir, indique a que explica, corretamente, o fenômeno apresentado.

- É um exemplo de convecção térmica e ocorre pelo fato de a água ter um calor específico maior do que a areia. Desta forma, a temperatura da areia se altera mais rapidamente.
- É um exemplo de condução térmica e ocorre pelo fato de a areia e a água serem bons condutores térmicos. Desta forma, o calor se dissipa rapidamente.
- É um exemplo de irradiação térmica e ocorre pelo fato de a areia e a água serem bons condutores térmicos. Desta forma, o calor se dissipa rapidamente.
- É um exemplo de convecção térmica e ocorre pelo fato de a água ter um calor específico menor do que a areia. Desta forma, a temperatura da areia se altera mais rapidamente.
- É um processo de estabelecimento do equilíbrio térmico e ocorre pelo fato de a água ter uma capacidade térmica desprezível.

3.5.7 Lista de exercícios 07

1. **(PUC-SP 88)** Uma garrafa térmica é espelhada internamente e isolada de suas paredes externas para impedir que o calor se propague, respectivamente por:

- Irradiação e condução.
- Condução e irradiação.
- Condução e convecção.
- Irradiação e convecção.
- Convecção e condução.

2. O mecanismo através do qual ocorre a perda de calor de um objeto é dependente do meio no qual o objeto está inserido. No vácuo, podemos dizer que a perda de calor se dá por:

- Condução.

- b) Convecção.
- c) Radiação.
- d) Condução e Convecção.
- e) Convecção e Radiação.

3. O efeito estufa, segundo as teorias mais aceitas pela comunidade científica, vem contribuindo para a elevação média das temperaturas no planeta. Esse fenômeno é um processo:

- a) Natural, após ondas de calor emitidas pelo sol sofrerem refração ao penetrar a atmosfera terrestre, porém intensificado pela ação humana.
- b) Artificial, ou seja, resultado direto da interferência humana sobre o meio ambiente.
- c) Recente, não havendo registros de sua existência em épocas geológicas antigas.
- d) Natural, apesar de o Sol emitir calor na forma de radiação para o nosso planeta, a potencialização desse fenômeno não tem relação com a ação humana.

4. Selecione a alternativa que supre as omissões das afirmações seguintes:

I - Calor do sol chega até nós por

II - Superfícies espelhadas possuem a capacidade deondas eletromagnéticas.

III – Corpos que possuem temperatura acima de emitem calor por radiação.

- a) Radiação - Refletir – Zero grau Celsius.
- b) Convecção - Refratar – Cem graus Celsius.
- c) Radiação - Refletir – Zero grau Kelvin.
- d) Convecção - Refratar - Zero grau Kelvin.
- e) Condução - Refletir – Zero grau Fahrenheit.

3.5.8 Lista de exercícios 08

1. A respeito dos conceitos de capacidade térmica e calor específico, marque a alternativa correta:

- a) A capacidade térmica refere-se à substância, enquanto o calor específico depende da quantidade de substância existente.
- b) O calor específico é a quantidade de calor necessária para que 1 g da substância altere a sua temperatura em 1 °C.
- c) O calor específico é fruto da razão entre a quantidade de calor recebida por um corpo e o tempo gasto na troca de energia.
- d) Capacidade térmica e calor específico são sinônimos

2. Em uma manhã de céu azul, um banhista na praia observa que a areia está muito quente e a água do mar está muito fria. À noite, esse mesmo banhista observa que a areia da praia está fria e a água do mar está morna. O fenômeno observado deve-se ao fato de que:

- a) a densidade da água do mar é menor que a da areia.
- b) o calor específico da areia é menor que o calor específico da água.
- c) o coeficiente de dilatação térmica da água é maior que o coeficiente de dilatação térmica da areia.

- d) o calor contido na areia, à noite, propaga-se para a água do mar.
- e) a agitação da água do mar retarda seu resfriamento.

3. Em um laboratório de Física, uma amostra de 20 g de cobre recebeu 186 cal de calor de uma determinada fonte térmica. Sabendo que o calor específico do cobre é 0,093 cal/g · °C, determine a variação de temperatura sofrida pela amostra.

- a) 50 °C
- b) 100 °C
- c) 105 °C
- d) 200 °C
- e) 250 °C

4. Para aquecer 500 g de certa substância de 20 °C para 70 °C, foram necessárias 4000 calorias. A capacidade térmica e o calor específico valem respectivamente:

- a) 8 cal/ °C e 0,08 cal/g · °C
- b) 80 cal/ °C e 0,16 cal/g · °C
- c) 90 cal/ °C e 0,09 cal/g · °C
- d) 95 cal/ °C e 0,15 cal/g · °C
- e) 120 cal/ °C e 0,12 cal/g · °C

3.5.9 Lista de exercícios 09

1. **(FACIMPA – MG)** Observe:

I – Uma pedra de naftalina deixada no armário;

II – Uma vasilha de água deixada no freezer;

III- Uma vasilha de água deixada no fogo;

IV – O derretimento de um pedaço de chumbo quando aquecido;

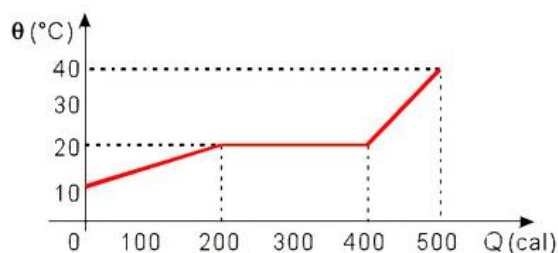
Nesses fatos estão relacionados corretamente os seguintes fenômenos:

- a) I. Sublimação; II. Solidificação; III. Vaporização; IV. Fusão.
- b) I. Sublimação; II. Sublimação; III. Evaporação; IV. Solidificação.
- c) I. Fusão; II. Sublimação; III. Evaporação; IV. Solidificação.
- d) I. Evaporação; II. Solidificação; III. Fusão; IV. Sublimação.
- e) I. Evaporação; II. Sublimação; III. Fusão; IV. Solidificação

2. Qual a diferença entre Calor Sensível e Calor Latente.

R: _____

3. **(UEPG–PR)** O diagrama abaixo representa a curva de aquecimento de 20 gramas de uma substância inicialmente no estado líquido.



O calor latente de vaporização da substância é:

- a) 10 cal/g
- b) 20 cal/g
- c) 25 cal/g
- d) 30 cal/g
- e) 40 cal/g

4. (UNIEVANGÉLICA-GO) Leia o texto a seguir.

Black (1935) discute um conceito que envolve a transição de fase, na qual há uma liberação ou absorção de calor que não envolve variações na temperatura mensuráveis pelo termômetro. Zanotello, Marcelo. *Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. Ciênc. Educ. (Bauru) [online]*, v. 17, n. 4, p. 992, 2011

O texto descreve o calor:

- a) Molar.
- b) Sensível.
- c) Latente.
- d) Específico
- e) Alimentar.

3.6 A gravação dos vídeos e a aplicação do produto educacional

O intervalo entre a escolha do conteúdo, a gravação dos vídeos e a aplicação do produto foi permeado por fracassos, aprendizagens e alterações metodológicas que envolveu muito estudo, a necessidade de sistematização, que culminou na elaboração de roteiros e, finalmente, na confecção de vídeos de curta duração.

A aplicação do produto revelou situações e resultados que, inicialmente, eram imprevisíveis.

3.6.1 Elaboração dos roteiros

O primeiro passo, foi definir o que exatamente o aluno deveria ter de informação, sem tornar a aula muito extensa, o imprevisto muitas vezes não permite que sejamos, incisivos e objetivos na hora de transmitir nossos pensamentos em palavras.

Os primeiros vídeos foram gravados sem os roteiros, e tinham duração entre 8 e 15 minutos. Entretanto vários problemas surgiram em decorrência do tamanho dos vídeos, tais como:

- Dificuldade de compartilhamento
- Dificuldade de armazenamento
- Dificuldade de edição
- Vídeo muito cansativo para quem assiste
- Inviabilidade de reproduzi-lo mais de uma vez durante a aula.
- Dispersão da atenção por parte dos estudantes.
- Muita informação espalhada

Os roteiros surgiram como uma proposta de organizar e sintetizar o conteúdo, mantendo a coesão e coerência das informações em consonância com a realidade, respeitando as leis da Física e as individualidades dos estudantes.

Logo, a inserção dos roteiros para a elaboração dos vídeos, tornou-se a pedra angular para o sucesso e a viabilidade do produto, pois, por meio deles, os vídeos passaram a ter entre 2 e 5 minutos e foi possível sanar todos os problemas citados anteriormente.

Para a gravação foi necessário criar um ambiente visual que serviu para o acompanhamento da leitura do texto e para possibilitar aos estudantes que fizessem anotações durante as aulas. A preparação desse ambiente foi feita sobre apresentações em Power Point.

Com o conteúdo definido, o segundo passo foi desenvolver uma forma de apresentá-lo, de uma maneira clara e objetiva. Para o sucesso dos vídeos, o roteiro e a apresentação devem estar perfeitamente alinhados, para não correr o risco de falar uma coisa e mostrar outra.

Dentre as opções de aplicativos de apresentação disponíveis, foi feita escolha do Power Point, por alguns motivos:

- Possui versão de teste gratuita
- Maior familiaridade
- Fácil manuseio
- Possibilidade de inserir animações e Gifs
- Versatilidade
- Utilização das apresentações nas aulas presenciais.
- Facilidade de edição em aulas posteriores, e por profissionais diferentes.

Entretanto, também foi considerado o uso do Prezi e do OneNote para realizar as apresentações. Este último possui uma ferramenta que possibilita que o usuário faça anotações e desenhos, tornando o ambiente virtual, mais próximo possível de uma sala de aula real.

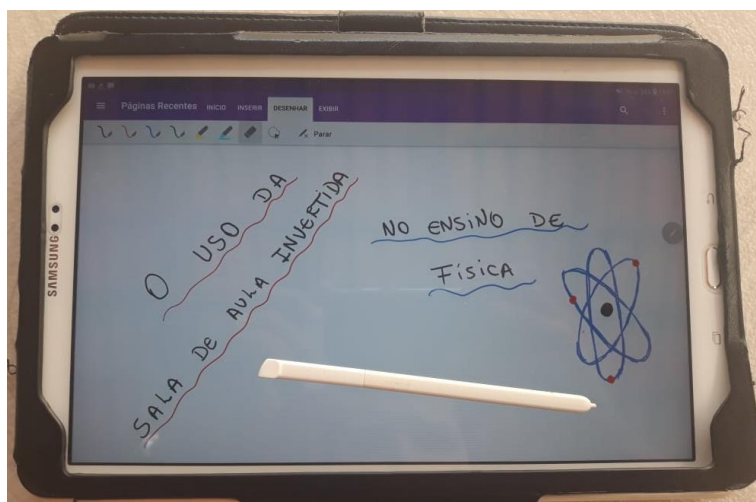


Figura 09 – Uso do aplicativo One Note para gravação dos vídeos (fonte: os autores)

No entanto, os testes mostraram que os slides do Power Point eram mais apropriados e conhecidos.

3.6.2 Gravação dos vídeos

Para realizar a gravação dos vídeos, foi utilizado, um Tablet Samsung, o mesmo da figura 9, com sistema operacional Android, e o aplicativo AZ Screen Recorder, disponível gratuitamente na Play Store.

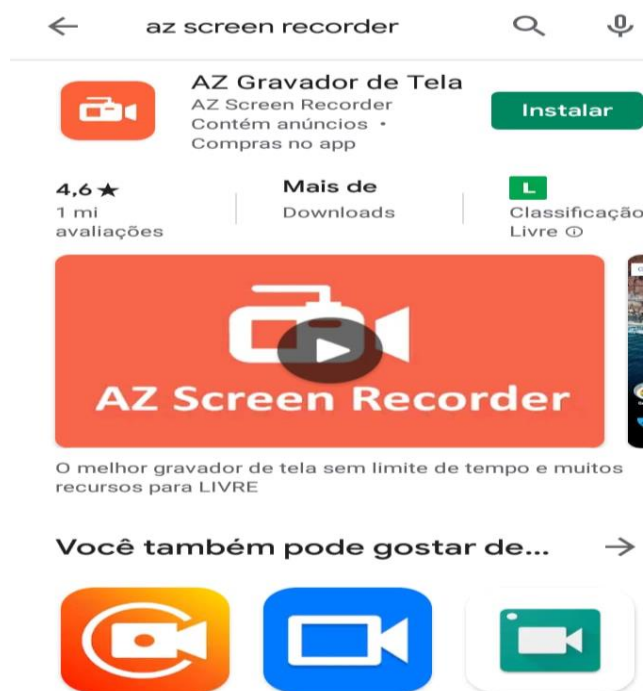


Figura 10 – Aplicativo usado para gravação dos vídeos (fonte: os autores)

O aplicativo é de fácil manuseio e permite que seja gravado em tempo real todo o conteúdo reproduzido no telefone, ou Tablet, juntamente com a captura de áudio ambiente. Estas características possibilitam realizar a apresentação feita no Power Point e gravar a voz simultaneamente.

Um outro ponto forte do AZ Screen Recorder é que ele fornece algumas ferramentas de edição, que nos permitem:

- Recortar pedaços do vídeo que não serão utilizados;
- Colar dois ou mais vídeos;
- Acelerar ou retardar o vídeo;
- Aumentar ou diminuir a qualidade da imagem;
- Ajuste do áudio e iluminação;
- Extração de quadros no formato JPEG.

Todos estes comandos tornam o aplicativo escolhido um poderoso aliado para gravação e edição dos vídeos.

3.6.3 Aplicação do produto educacional

A aplicação do produto ocorreu em 5 encontros, num colégio da cidade de Araguaína – TO, com o total de 23 estudantes. O público alvo foram alunos do 2º ano do Ensino Médio.

Os estudantes foram convidados para participar do projeto na sala de aula e no momento do convite foi explicado a metodologia da Sala de Aula Invertida e a liberdade na escolha de participar, ou não, do projeto.

A proposta foi bem recebida e deixou alguns estudantes bastante entusiasmados com o fato de utilizar o telefone durante as aulas, já que essa não é a prática que vigora no cotidiano escolar.

Em seguida foi criado um grupo de WhatsApp com os que aderiram voluntariamente à pesquisa e se comprometeram a testar a metodologia da sala de aula invertida. Este grupo foi, posteriormente, utilizado para o compartilhamento dos vídeos e informações sobre a aplicação do produto.

Por causa da motivação dos estudantes pela utilização do celular em sala de aula admitiu-se a possibilidade de utilizá-lo também para a realização dos exercícios, por meio dos recursos do aplicativo *Socrative*.

3.6.4 O *Socrative*

O *Socrative* é um aplicativo que possui uma versão gratuita que permite a interação entre professor e aluno, por meio de um ambiente virtual e completamente controlado.

Ele possui uma plataforma para o professor, o *Socrative Teacher* e outra para o aluno, o *Socrative Student*.

Na plataforma do professor, é exigido que se realize um cadastro, onde será necessário que o professor defina um “Nome da sala”, uma espécie de Nome de usuário. É por meio do nome da sala que os alunos terão acesso ao ambiente digital.

Em seguida basta cadastrar os testes. A plataforma oferece três maneiras distintas de elaboração das questões:

1 – Múltipla escolha: Digita-se a pergunta e a resposta em seus respectivos campos e seleciona-se a alternativa correta.

Um exemplo da interface da plataforma é apresentado a seguir:

#1

Formatação: ☐ SALVAR

SOBRE O CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE, ASSINALE A ALTERNATIVA CORRETA

ESCOLHA DE RESPOSTA

	RESPOSTA	X	CORRETO?
A	O NORTE MAGNÉTICO COINCIDE COM O NORTE GEOGRÁFICO	☐	☐
B	O A INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO É MAIOR NOS POLOS	☒	☒
C	O POLO SUL MAGNÉTICO É EXATAMENTE NO MESMO LUGAR DO NORTE GEOGRÁFICO	☐	☐
D	A INTENSIDADE DO CAMPO MAGNÉTICO É MENOR NOS POLOS	☐	☐
E	NÃO EXISTE CAMPO MAGNÉTICO TERRESTRE	☐	☐

+ ADICIONAR RESPOSTA

Figura 11 – Interface para questões de múltipla escolha (fonte: Socrative)

2 – Verdadeiro ou Falso: Digita-se uma conjectura e se assinala a alternativa correta

#2

Formatação: ☐ SALVAR

CALOR É UMA SENSÇÃO FISIOLÓGICA

Resposta correta:

Verdadeiro Falso

Explicação:

Figura 12 – Interface para questões Verdadeiro ou Falso (fonte: Socrative)

3 – Resposta curta: Digita-se a pergunta e o estudante terá que respondê-la em poucas linhas. Esta opção não é recomendada para questões que exijam raciocínios complexos, ou que exijam maior detalhamento na resposta.

#3

Formatação: ☐ SALVAR

QUAL A DIFERENÇA ENTRE CALOR SENSÍVEL E CALOR LATENTE?

Respostas corretas (opcional)

+ADICIONAR -EXCLUIR

Explicação:

Figura 13 – Interface para questões Resposta Curta (fonte: Socrative)

O Socrative permite também que o usuário controle o ambiente e estabeleça algumas regras para a realização dos testes.

A opção do feedback instantâneo foi utilizada para aplicação das atividades em todas as aulas, o que forneceu ao professor o conhecimento sobre o desempenho dos alunos, assim como o andamento da atividade, em tempo real. Esta alternativa é mostrada na figura 14:

Figura 14 – Interface para escolha do método de entrega dos resultados (fonte: Socrative)

A plataforma do estudante é de fácil acesso, não necessita de cadastro, basta digitar o nome da sala que as perguntas começarão a aparecer no telefone ou computador, como mostra a figura 15:

Figura 15 – Interface para log in dos estudantes no aplicativo de questões (fonte: Socrative)

Vale ressaltar que existe o aplicativo do Socrative na Play Store, onde é possível fazer gratuitamente o download, ou, pode-se acessá-lo por meio das URL'S

Socrative Teacher: <https://b.socrative.com/login/teacher/>

Socrative Student: <https://b.socrative.com/login/student/>

3.6.5 A avaliação diagnóstica

Uma das possibilidades do uso do Socrative é possibilitar a avaliação necessária ao acompanhamento e intervenção por parte do professor: a avaliação diagnóstica.

Trata-se, segundo LUCKESI, que a avaliação deve ser dinâmica e síncrona, portanto, a sequência dos passos da avaliação contemplam:

1. os alunos acessam a plataforma do Socrative Student e respondem aos testes;
2. o professor tem a possibilidade de acompanhar, em tempo real, o desenvolvimento das atividades;
3. isso promove a oportunidade de intervir sistematicamente de modo a atender necessidades individuais dos estudantes;
4. os alunos são convidados a responder novamente o teste, depois de terem sido orientados de acordo com suas demandas próprias.

3.7 Resultados dos encontros presenciais

A seguir são enunciadas as principais observações sobre os encontros nos quais foram aplicadas as aulas da sala de aula invertida.

3.7.1 O Primeiro encontro presencial

No primeiro encontro, foi programada a aplicação de 3 aulas, que variam de 45 a 50 minutos cada. Estes encontros são realizados apenas para esclarecimento de dúvidas e aplicação de exercícios, entretanto algumas dificuldades foram encontradas neste primeiro encontro.

- O único espaço disponível para realização de atividades no contra turno é o laboratório de informática da escola e, mesmo estando reservado para o nosso encontro, no dia e na hora marcada ele estava ocupado. A escola carece de espaço físico, apesar de ser um ambiente grande que ocupa 95% de um quarteirão inteiro, por ofertar o Ensino Fundamental do 1º ao 9º ano e o Ensino Médio, acaba se tornando pequeno pelo quantitativo de alunos.
- Os recursos tecnológicos também são limitados, o uso das caixas de som, televisão, projetores são muito frequentes pelos professores do turno. Antes de

começar o esclarecimento de dúvidas, optou-se por novamente reproduzir os vídeos para os estudantes, entretanto a caixa de som estava sendo usada por um colega de trabalho.

- A escola não disponibiliza internet para os estudantes, nem mesmo no laboratório de informática. Devido ao roteador ser bastante sobrecarregado, seu uso fica restrito para as atividades administrativas e pedagógicas. Como os vídeos são disponibilizados através de aplicativos de compartilhamento de mensagens e mídias digitais, é necessário a utilização da internet para fazer o download das aulas, e nem todos os estudantes possuem acesso em casa. E o professor, como mediador e, facilitador do processo educativo, deve garantir que todos tenham acesso ao material para que a metodologia da sala de aula invertida seja aplicada com êxito.

Em decorrência destas dificuldades o primeiro encontro não foi produtivo, pois, não foi possível realizar as atividades planejadas. Logo surgiu a necessidade de se adequar a algumas dificuldades e buscar meio de sanar outras.

Para solucionar o problema do espaço físico e do uso dos recursos, foi necessário chegar meia hora mais cedo que os demais professores ocupar a sala e separar os recursos necessários, mesmo estando tudo reservado. E, por fim, para garantir que os estudantes tenham acesso à internet, e façam o download das aulas, foi necessário adquirir um roteador, custeado com recursos próprios, e disponibilizar o sinal do Wi-Fi a todos os participantes. Uma alternativa, talvez, seria utilizar um adaptador e um Pen Drive para compartilhar o sinal do professor para os estudantes.

3.7.2 O segundo encontro presencial

O segundo encontro ocorreu no dia 20 de setembro de 2019, e neste encontro foi planejado executar as 3 primeiras aulas do produto, que trazem os temas: Introdução a Termologia e Calorimetria e Termômetros e Escalas Termométricas. Os vídeos correspondentes aos respectivos temas já estavam de posse dos estudantes e foi solicitado que assistissem em casa, quantas vezes forem necessárias e que anotassem e trouxessem para a sala de aula suas respectivas dúvidas.

A aula presencial foi marcada para as 14h00 com término as 17h00, e aconteceu da seguinte maneira:

- Os primeiros 45 minutos foram destinados à discussão e resolução de exercícios da Aula 1, que aborda os conceitos iniciais da Termologia e da Calorimetria
- Ao término da Aula 1, foi repassado o vídeo da Aula 2, com o tema de Termômetros e escalas Termométricas, em seguida, foi realizado o plantão de dúvidas e resolução de exercícios que mostram a operacionalidade da relação Celsius-Fahrenheit e abordam características de termômetros. Este momento teve duração de aproximadamente 50 minutos.
- Por fim, a aplicação da Aula 3, que é continuação da aula anterior, porém mostra a relação Celsius-Kelvin juntamente com as respectivas variações de temperatura nas três principais escalas. Primeiramente o vídeo foi mais uma vez reproduzido, em seguida os últimos 50 minutos ficaram destinados ao esclarecimento de dúvidas e a solução de exercícios.

Após o primeiro dia de aplicação do produto, foi constatada a inviabilidade da aplicação de 3 aulas por encontro, pois tornava o processo muito extenso e cansativo, evidenciado pelas constantes saídas para ir ao banheiro e beber água. Devido este fato foi decidido que as quantidades de aulas seriam reduzidas a 2 por encontro.

3.7.3 O terceiro encontro presencial

O terceiro encontro ocorreu no dia 30 de setembro de 2019, já com a proposta de redução de conteúdo e consequentemente o tempo, os vídeos das Aulas 04 e 05, com os temas de dilatação térmica e calor e sua propagação, foram entregues com 2 dias de antecedência para os estudantes, juntamente com as mesmas recomendações pré-estabelecidas: assistir aos vídeos e anotar as dúvidas para tirar em sala.

O encontro desta vez foi marcado das 14h00 às 16h00, e ocorreu da seguinte maneira:

- Os alunos assistiram ao vídeo da Aula 04 e, em seguida, foi passado para o esclarecimento de dúvidas; esta aula ficou caracterizada por uma grande dificuldade dos alunos, acerca do tema Dilatação Térmica. Em decorrência disso, vários exemplos foram resolvidos, até que se sentissem mais confortáveis para a realização dos exercícios. Esta aula durou 1 hora e quinze minutos.
- Em seguida foi dado início a Aula 05 com o tema de calor e sua propagação e Condução de Calor, após assistirem o vídeo, foi a vez das dúvidas e em seguida os exercícios,

A mudança do quantitativo de aulas se mostrou bastante positiva, as saídas de sala foram reduzidas significativamente, e o semblante dos alunos ao final da aplicação era de menos cansaço.

3.7.4 O Quarto e o Quinto encontros presenciais

O quarto e o quinto encontro ocorreram nos dias 02 e 07 de outubro de 2019, respectivamente. No quarto encontro foi dada continuidade ao tema de calor e sua propagação, com a Aula 06 abordando a Convecção Térmica e a Aula 07 abordando a Irradiação Térmica.

O quinto encontro foi finalizado com a Aula 08 abordando o conteúdo de Capacidade Térmica, Calor Específico e Calor Sensível e a Aula 09 falando de Calor Latente e as mudanças de estado físico.

Os parâmetros utilizados no quarto e no quinto encontro foram mantidos na íntegra aos dos encontros anteriores, entretanto tais aplicações foram realizadas pela professora Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério, Orientadora deste trabalho, e teve como objetivo a opinião e a perspectiva de um segundo profissional utilizando o produto educacional, tendo em vista que até então o sucesso da aplicação poderia se dar pelo fato de o professor trabalhar de longa data com os alunos participantes do projeto.

A mudança de professor foi bastante produtiva e enriquecedora, pois os estudantes foram premiados com sua grande experiência em Ensino Médio e notório conhecimento acerca das leis da Física. Sua contribuição foi de grande valia para a realização deste trabalho.

Capítulo 4 – Resultados

Primeiramente apresentam-se as tabelas, sem qualquer tratamento, retiradas diretamente do aplicativo Socrative, sobre as quais serão construídos os gráficos dos resultados quantitativos.

4.1 Tabelas retiradas do Socrative

A seguir são mostradas as tabelas de acertos correspondentes a cada aula e a cada coleção de exercícios correspondente:

Tabela 07 – Resultados brutos retirados do Aplicativo Socrative

AULA 01 - TERMOLOGIA E CALOR - Fri Sep 20 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4	5
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	40%	B	A	B	A	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	80%	C	A	B	D	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	80%	B	A	A	D	B
*****	100%	C	A	A	D	B
*****	40%	B	A	B	D	D
*****	80%	C	A	A	B	B
Total da turma		77%	100%	77%	85%	92%

AULA 02- TERMOMETROS E ESCALAS - Fri Sep 20 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	D	B	A	D
*****	75%	D	B	A	C
*****	100%	D	B	A	D
*****	75%	D	A	A	D
*****	100%	D	B	A	D
*****	20%	D	A		
*****	75%	C	B	A	D
*****	100%	D	B	A	D
*****	50%	C	B	E	D
*****	100%	D	B	A	D
*****	50%	A	D	A	D
*****	75%	D	E	A	D
*****	0%				
*****	50%	E	B	A	A
*****	75%	D	C	A	D
*****	75%	B	E	A	D
*****	75%	B	A	A	D
Total da turma		69%	63%	93%	87%

AULA 03- TERMOMETROS E ESCALAS - Fri Sep 20 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	A	B	D	D
*****	75%	A	B	D	C
*****	100%	A	B	D	D
*****	75%	A	B	A	D
*****	100%	A	B	D	D
*****	75%	A	B	C	D
*****	100%	A	B	D	D
*****	75%	A	B	A	D
*****	100%	A	B	D	D
*****	50%	A	B	C	E
*****	100%	A	B	D	D
*****	75%	A	B	A	D
*****	100%	A	B	D	D
*****	50%	A	B	E	A
*****	100%	A	B	D	D
*****	75%	A	B	E	D
*****	75%	A	B	E	D
Total da turma		100%	93%	90%	88%

AULA 04 - DILATAÇÃO TÉRMICA - Mon Sep 30 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	E	B	C	B
*****	75%	E	B	C	A
*****	50%	E	D	C	A
*****	100%	E	B	C	B
*****	75%	E	D	C	B
*****	100%	E	B	C	E
*****	75%	E	B	C	A
*****	75%	E	B	C	A
*****	75%	E	B	C	B
*****	75%	E	B	C	A
Total da turma		100%	80%	90%	50%

AULA 05 - INTRO. CALOR- COND. - Mon Sep 30 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	25%	D	E		
*****	100%	D	B	B	C
*****	75%	D	B	E	C
*****	50%	D	A	A	C
*****	75%	D	A	B	C
*****	100%	D	B	B	C
*****	75%	C	B	B	C
*****	0%				
*****	100%	D	B	B	C
*****	50%	C	B	A	C
*****	75%	D	B	E	C
*****	50%	C	B	A	B
*****	75%	D	B	A	C
Total da turma		75%	75%	55%	90%

AULA 06- CONVECÇÃO TÉRMICA - Wed Oct 02 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	B	A	D	A
*****	100%	B	A	D	A
*****	75%	B	A	D	D
*****	50%	D	D	D	A
*****	75%	E	A	D	A
*****	100%	B	A	D	A
*****	0%	C			
*****	0%	D			
*****	100%	B	A	D	A
*****	25%	B			
*****	0%				
*****	75%	D	A	D	A
*****	100%	B	A	D	A
*****	75%	D	A	D	A
Total da turma		54%	90%	100%	90%

AULA 07 - RADIAÇÃO TÉRMICA - Wed Oct 02 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	A	C	D	C
*****	0%	D			
*****	25%	D	C	C	
*****	75%	A	C	D	A
*****	25%	B	C	A	A
*****	100%	A	C	D	C
*****	75%	C	C	D	C
*****	100%	A	C	D	C
*****	0%	E			
*****	75%	A	C	D	A
*****	0%				
*****	50%	C	C	D	A
*****	50%	D	C	D	A
*****	50%	A	C	B	A
*****	75%	D	C	D	C
Total da turma		43%	100%	79%	43%

AULA 08 - CALOR ESPECIFICO E CAPACIDADE TÉRMICA - Mon Oct 07 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	B	B	C	E
*****	50%	A	D	C	E
*****	100%	B	B	C	E
*****	100%	B	B	C	E
*****	75%	B	D	C	E
*****	75%	A	B	C	E
*****	75%	A	B	C	E
*****	75%	B	D	C	E
*****	75%	A	B	C	E
*****	75%	A	B	C	E
Total da turma		56%	67%	100%	100%

AULA 09- CALOR LATENTE - Mon Oct 07 2019

Mostrar nomes

Mostrar respostas

Nome	Nota (%)	1	2	3	4
*****	100%	A	Calor se	A	C
*****	33%	D	calor se	A	D
*****	0%				
*****	33%	C	sensível	B	C
*****	67%	A	o calor	C	C
*****	100%	A	calor se	A	C
*****	100%	A	Calor se	A	C
*****	67%	D	no calor	A	C
*****	33%	D	calor se	E	C
*****	67%	D	calor se	A	C
Total da turma		44%		67%	89%

Utilizou-se, neste caso, a opção do aplicativo que permite omitir os nomes dos estudantes, somente para preservar o anonimato deles, no entanto, na sequência serão apresentados os tratamentos referentes aos dados completos, que ficam arquivados com o autor, de modo a garantir o sigilo e, ao mesmo tempo, possibilitar a apreciação dos resultados.

Note-se que, na construção dos gráficos e tabelas o número de participações pode variar, ou seja, pode não ser integralmente correspondente aos números de linhas das tabelas.

Essa “aparente” incoerência deve-se ao fato de os estudantes que não possuem celular terem executado as atividades em conjunto com os que possuem. Ou seja, em alguns casos os exercícios foram respondidos em duplas.

4.2 Tratamento dos dados

A tabela a seguir mostra, para cada aula, o número de participantes e seus respectivos rendimentos na avaliação da aprendizagem.

Tabela 08 – Frequência e rendimentos das aulas

Aula 1		Aula 2		Aula 3	
Nº de alunos	Rendimento (%)	Nº de alunos	Rendimento (%)	Nº de alunos	Rendimento (%)
11	100	7	100	8	100
5	80	7	75	6	75
2	40	5	50	4	50
Aula 4		Aula 5		Aula 6	
Nº de alunos	Rendimento (%)	Nº de alunos	Rendimento (%)	Nº de alunos	Rendimento (%)
4	100	4	100	6	100
9	75	5	75	5	75
2	50	6	50	2	50
				1	0
Aula 7		Aula 8		Aula 9	
Nº de alunos	Rendimento (%)	Nº de alunos	Rendimento (%)	Nº de alunos	Rendimento (%)
3	100	3	100	6	100
4	75	8	75	2	67
6	50	2	50	6	50
2	25				

Os dados podem ser mais bem visualizados na forma gráfica, mostrada a seguir:

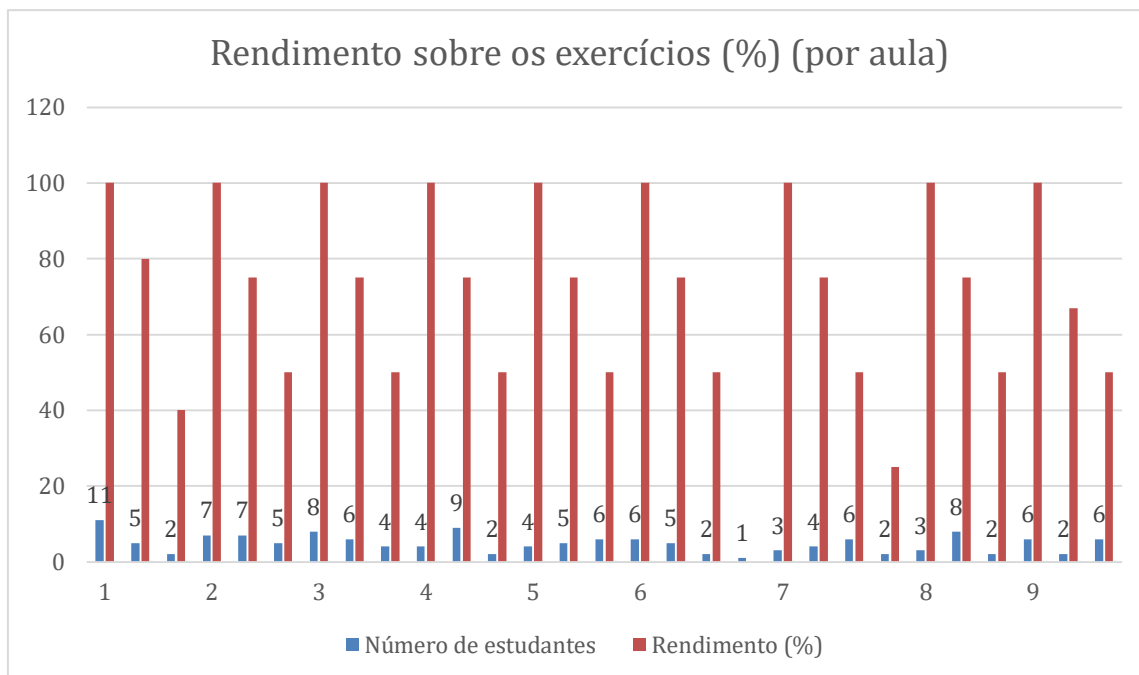


Gráfico 01 – Frequência e rendimentos dos estudantes nas avaliações de aprendizagem (fonte: os autores)

Para melhorar a visualização, os resultados foram separados e estão mostrados por frequência, no gráfico 02, a seguir:

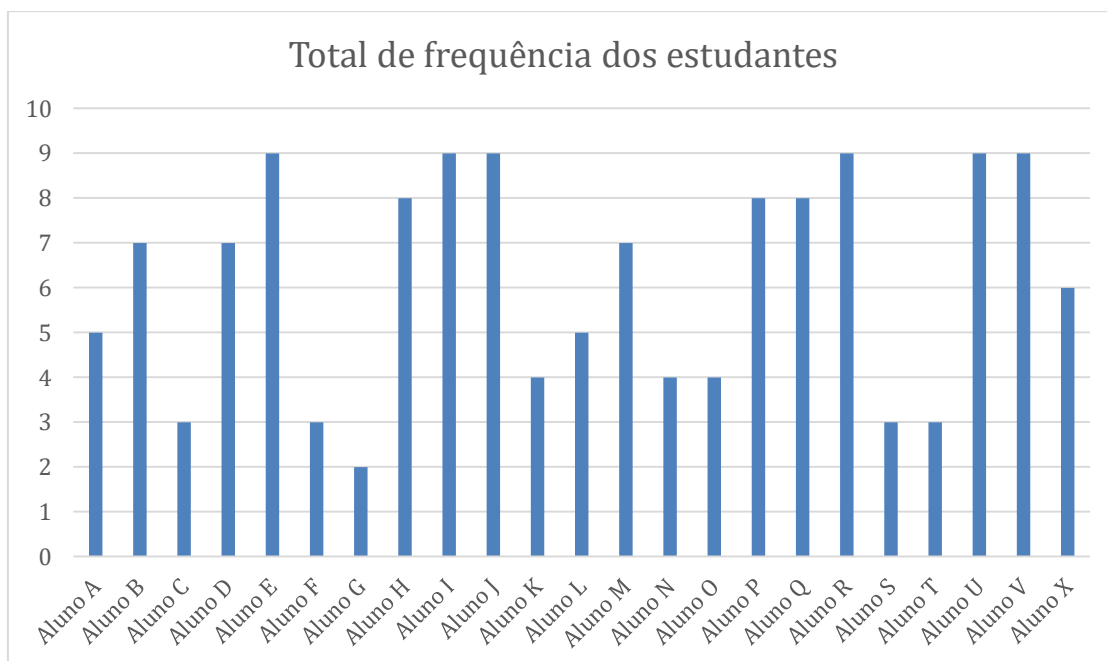


Gráfico 02 – Frequência dos estudantes nas avaliações de aprendizagem (fonte: os autores)

e pela média ponderada de acertos, separadas por aula e associadas ao total de estudantes em cada encontro, como mostram a tabela e o gráfico colocados na sequência:

Tabela 9 – Média ponderada de acertos

Aula	Média Ponderada de acertos	Nº de alunos
1	87,8	18
2	77,6	19
3	80,6	18
4	78,3	15
5	71,7	15
6	76,8	14
7	63,3	15
8	76,9	13
9	73,9	14
Média	76,3	16

Ao ponderar as médias de acertos sobre os resultados das avaliações da aprendizagem tem-se um aproveitamento geral de quase 80%, para uma média de frequência de 16 estudantes por aula, sendo a Aula 02 a que contou com maior número de presentes, totalizando 19 alunos, e a Aula 08 que obteve a menor frequência, com 13 alunos.

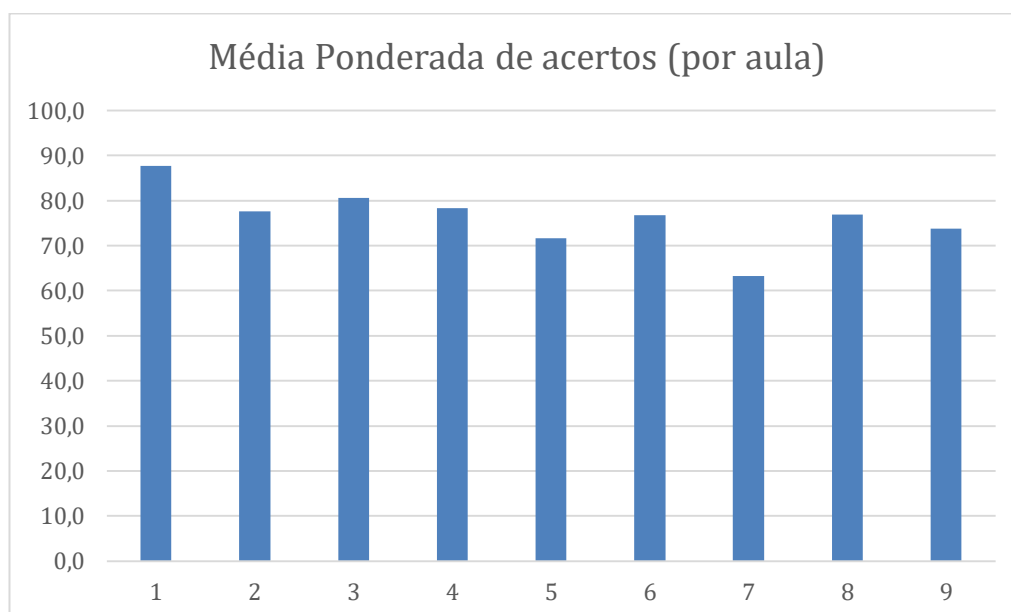


Gráfico 03 – Média ponderada dos acertos nas avaliações de aprendizagem (fonte: os autores)

A aplicação do produto contou com a participação de 23 alunos do 2º ano do ensino médio, entretanto nem todos participaram dos 4 dias de aplicação, 40% dos estudantes participaram de todas as aplicações, enquanto os outros 60% se alternavam no decorrer dos dias.

Obs.: Como era mais de uma aula por aplicação, os 40% citados, são referentes aos Alunos: E, H, I, J, P, Q, R, U e V, que tiveram sua participação contabilizada entre 8 e 9 Aulas.

Tabela 10 – Frequência dos estudantes por aula (nomes substituídos por letras)

Aula 1	Aula 2	Aula 3	Aula 4	Aula 5	Aula 6	Aula 7	Aula 8	Aula 9	Total
Aluno A	Aluno A	Aluno A					Aluno A	Aluno A	5
Aluno B	Aluno B	Aluno B	Aluno B	Aluno B			Aluno B	Aluno B	7
Aluno C	Aluno C	Aluno C							3
Aluno D	Aluno D	Aluno D	Aluno D	Aluno D	Aluno D	Aluno D			7
Aluno E	Aluno E	Aluno E	Aluno E	Aluno E	Aluno E	Aluno E	Aluno E	Aluno E	9
Aluno F	Aluno F	Aluno F							3
					Aluno G	Aluno G			2
	Aluno H	Aluno H	Aluno H	Aluno H	Aluno H	Aluno H	Aluno H	Aluno H	8
Aluno I	Aluno I	Aluno I	Aluno I	Aluno I	Aluno I	Aluno I	Aluno I	Aluno I	9
Aluno J	Aluno J	Aluno J	Aluno J	Aluno J	Aluno J	Aluno J	Aluno J	Aluno J	9
			Aluno K	Aluno K			Aluno K	Aluno K	4
Aluno L	Aluno L	Aluno L			Aluno L	Aluno L			5
Aluno M	Aluno M	Aluno M	Aluno M	Aluno M			Aluno M	Aluno M	7
			Aluno N	Aluno N	Aluno N	Aluno N			4
			Aluno O	Aluno O	Aluno O	Aluno O			4
Aluno P	Aluno P		Aluno P	Aluno P	Aluno P	Aluno P	Aluno P	Aluno P	8
Aluno Q	Aluno Q	Aluno Q	Aluno Q	Aluno Q		Aluno Q	Aluno Q	Aluno Q	8
Aluno R	Aluno R	Aluno R	Aluno R	Aluno R	Aluno R	Aluno R	Aluno R	Aluno R	9
Aluno S	Aluno S	Aluno S							3
Aluno T	Aluno T	Aluno T							3
Aluno U	Aluno U	Aluno U	Aluno U	Aluno U	Aluno U	Aluno U	Aluno U	Aluno U	9
Aluno V	Aluno V	Aluno V	Aluno V	Aluno V	Aluno V	Aluno V	Aluno V	Aluno V	9
Aluno X	Aluno X	Aluno X			Aluno X	Aluno X		Aluno X	6

4.3 Relatos de evidências da aprendizagem Significativa durante a aplicação do produto educacional.

Algumas anotações retiradas dos encontros durante a aplicação do produto educacional são relatadas a seguir numa tentativa de reproduzir situações avaliadas pelos pesquisadores como sendo importantes de serem mencionadas a fim de evidenciar pontos que sugerem a presença de Aprendizagens Significativas obtidas no processo de inversão da sala de aula.

4.3.1 Relato 1

Um dos resultados dignos de nota, que revela a relevância da proposta, diz respeito ao tema calorimetria, questionado em aula por um dos estudantes. Segundo ele, a

definição de Capacidade Térmica como a razão entre a Quantidade de calor e a Variação de Temperatura, $C = \frac{Q}{\Delta T}$, omitia a dependência dela com a massa.

Duas discussões surgiram dessa observação, o que propiciou ao professor e orientador a oportunidade de esclarecer uma dúvida sobre a qual foram construídos novos conceitos:

1. A questão de objetos que são constituídos de mais de um material, como por exemplo, uma garrafa térmica. Neste caso o objeto que pode ser considerado um calorímetro, de capacidade térmica não desprezível, mas não pode ter sua capacidade dada pelo produto da massa pelo calor específico, $C = m \cdot c$, já que o calor específico é propriedade de substâncias e a garrafa é um corpo.

A reivindicação do estudante era que pudéssemos sempre escrever, $C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{m \cdot c}{\Delta T}$, para explicitar a dependência da massa no cálculo da capacidade térmica, no entanto, ao final da discussão ele compreendeu que ela é obtida, eventualmente, por processos experimentais.

2. Diante disso, ele insinua uma insegurança no próprio processo de aprender, uma vez que supunha, antes disso, que toda vez que uma grandeza física depende de outra, essa dependência era explícita.

Neste caso, ele foi surpreendido com um exemplo no qual, embora aparentemente exista uma relação de dependência, para alguns casos isso pode não representar a verdade.

Questionando por um contraexemplo, a densidade apareceu como uma equação que explicitamente menciona a massa, quando, na verdade, não é dependente dela para o caso de substâncias puras.

Ao aumentar a massa de água, por exemplo, na relação $d = \frac{m}{V}$, o volume aumenta na mesma proporção, mantendo a densidade fixa num valor determinado.

Dizer que essa discussão e o encaminhamento dado pelo professor são notáveis está diretamente associado à reação dos estudantes que participaram da discussão. Um deles mencionou que a inversão da sala de aula não trazia consigo somente a oportunidade do uso de tecnologia, mas que ao diminuir o tempo de explicação do professor e aumentar o tempo de debates, trouxe também a possibilidade de entrar em contato com ideias que ele reconhecia inexistentes no dia-a-dia escolar.

Considerando a necessidade de constantes adaptações à estrutura cognitiva dos estudantes, para que as novas configurações deem suporte aos novos conhecimentos, mas lógicos e encadeados, apontada pela TAS, tem-se aí um resultado que evidencia o significado de aprender de forma não literal e não arbitrária.

4.3.2 Relato 2

Uma das estudantes sorriu ao compreender o motivo de os pontos fixos da água receber esse nome. Ela relatou que nunca tinha entendido o motivo pelo qual os pontos 0°C e 100°C tinham sido escolhidos para a construção das escalas termométricas, ou seja, somente no momento das discussões ela pode perceber, e confirmar com o professor, que compreendera a necessidade de a temperatura em que a água entra em ebulição ser escolhida para um dos limites da escala Celsius.

Segundo sua compreensão, a partir de então, o conceito de calor latente foi esclarecido. Afinal, como ela podia compreender, nesse momento, enquanto a energia recebida pela água promovia um acréscimo constante na temperatura, anterior ao ponto de ebulição, essa mesma variação de energia térmica recebida pelo sistema, a partir daí, era convertida em massa de vapor d'água e não mais em aquecimento.

Ficara mais fácil atribuir significado às palavras “sensível” e “latente” depois de ter em mente a diferença de implicações do acréscimo de energia ao sistema, antes e depois de ele atingir o ponto de ebulição.

Esse resultado foi, então, sistematizado para o ponto de fusão, podendo estabelecer o sentido de “latente” para a fase em que a água muda de estado se mantendo à temperatura fixa de 0°C .

Novamente neste caso é possível, por meio das discussões realizadas, perceber o momento em que as palavras “fixos”, “sensível” e “latente” fazem mais sentido para os estudantes e, então, como o significado dos conceitos são adicionados à estrutura cognitiva de forma a alterá-la, em si, para suportar novas conquistas lógicas para novas formas de pensar a aprendizagem.

4.3.3 Relato 3

Durante a explicação do conteúdo dilatação térmica, os estudantes se surpreenderam com as aplicabilidades e a grande quantidade de relações cotidianas que envolvem o objeto de estudo, entretanto um ponto que merece destaque está relacionado com um questionamento que surgiu naquele momento. Um estudante questionou que os corpos aumentam de volume quando a temperatura aumenta e diminuem de volume quando a temperatura diminui, pois, o volume dos corpos está associado ao movimento possível no nível molecular da matéria. Entretanto, ao ser citado o caso particular da água, que tem seu volume aumentado quando passa para o estado sólido, o estudante percebeu 2 coisas:

1. Que nem sempre é possível generalizar as propriedades e comportamentos físico-químico da matéria.

2. Que para aprender algo novo, muitas vezes é importante nos desprender daquilo que julgamos saber, assim como em determinados momentos defende AUSUBEL (2000) na Teoria da Aprendizagem Significativa.

4.3.4 Relato 4

Outro momento que deve ser destacado ocorreu durante a explicação das temperaturas de pontos fixos fundamentais, um aluno comentou que certa vez assistiu um documentário que mencionava que no Peru a água fervia ao atingir 86 graus. Neste momento foi discutido que os valores de 100°C e 0°C , correspondentes às temperaturas dos pontos fixos de ebulição e fusão da água, respectivamente, variam com a pressão local, e que devido ao fato de o Peru estar bem acima do nível do mar, a pressão exercida pelos gases que compõe a atmosfera, sobre a superfície do líquido, é menor, e, conseqüentemente a temperatura de ebulição da água também o é. Este comentário serviu para fazer a ancoragem de conceitos adquiridos no primeiro ano do Ensino Médio ao relacionar o Teorema de Stevin com a temperatura, pois a discussão foi capaz de promover aos estudantes a oportunidade de relembrar o conceito de pressão atmosférica e relacioná-lo com o objeto de estudo.

Tal raciocínio levou a discussão para um outro estágio, aquele em que os conteúdos e conhecimentos adquiridos atravessam a fronteira da sala de aula, no exato momento em que foi constatado que a panela de pressão cozinha os alimentos mais rapidamente, porque a pressão interna a ela é mais elevada que a de uma atmosfera, de forma que a temperatura em seu interior é maior que 100°C .

4.4 Análises dos resultados

A análise dos resultados será dividida em três partes. A primeira referente à aplicação do produto, a segunda ao rendimento dos estudantes nas avaliações da aprendizagem e a terceira, às alterações que surgiram mediante os relatos dos estudantes e o novo significado, ou a ressignificação da aula, para o mestrando.

4.4.1 Da aplicação do produto

No que se refere à aplicação do produto, cabe enfatizar que ela foi planejada e executada ao longo de dois anos, sob orientação.

A demanda de tempo e o resultado final mostram que muito ainda deve ser discutido, pelos agentes da educação, a respeito do objetivo da existência dos sistemas de ensino.

Se, por um lado, os objetivos são referentes à transmissão de conteúdos sobre conhecimentos específicos, das diferentes disciplinas do currículo, a organização escolar deve privilegiar atitudes nesse sentido, deixando o foco da socialização entre estudantes para ambientes externos aos ambientes escolares.

Se, por outro, os objetivos de socialização e sistematização de conteúdos rasos se sobrepõe à transmissão de conhecimentos, deve-se esperar que os índices de aprendizagem não evoluam muito ao longo do tempo, como pede o discurso educacional em pauta.

Para que os índices atinjam os mesmos níveis dos de países desenvolvidos é necessário compreender as diferenças em investimentos humanos e financeiros que ocorrem em cada um.

Durante todo o processo, desde a concepção à aplicação, o professor é mais do que o centro do processo educacional: é o agente que planeja, executa e apreende as necessidades dos estudantes, em tempo real.

Das dúvidas conceituais até à modelagem de questões, em níveis diferenciados para atender as necessidades específicas dos diferentes estudantes, não foi possível abstrair dos resultados qualquer outra forma de procedimento que excluísse o professor

do foco do processo de ensino aprendizagem, como sugerem as leituras de textos que colocam o estudante ou o processo automático – ou fabril – como o foco do processo educacional.

Portanto, o resultado principal dessa análise é a necessidade de os sistemas escolares ajustarem o discurso ao método de ensino que pretendem realizar.

Para isso, o estudo aponta para a necessidade de compreender o processo em detalhes, acoplados à história da educação e à evolução das teorias de aprendizagem, como forma de abstrair o que está cristalizado no ensino e acaba por estabelecer os resultados gerais dos processos de escolarização, que destoam completamente do discurso e objetivos postos.

Nesse sentido o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física oferece aos professores e orientadores do programa uma oportunidade única, sem a qual resultados de pesquisa aplicada à sala de aula não seriam possíveis.

4.4.2 Do rendimento dos estudantes nas avaliações de aprendizagem

Diante de todas as dificuldades encontradas, que permearam a aplicação do produto educacional e que vão desde a falta de recursos técnicos do ambiente escolar até a dificuldade de alocação de sala de aula fora do horário regular, a aprendizagem surpreende pelos excelentes efeitos que produziram.

De parte do professor, o avanço no conhecimento detalhado do conteúdo e domínio de novas técnicas e metodologias de ensino justificam o trabalho e a frequência dele no programa de mestrado.

De parte dos estudantes, resultados em torno de 80 % de aproveitamento são inéditos no cotidiano escolar, principalmente em disciplinas como a Física.

Esse resultado é muito consistente com a forma que LUCKESI pensa a avaliação da aprendizagem, como ato pedagógico, ou seja, como forma de incluir os estudantes e eliminar, por completo, do contexto escolar, a forma de examinar e excluir os que não sabem sobre determinado tema. Mesmo porque essa prática, produzida de forma recorrente, impede que os conteúdos sejam retidos a ponto de subsidiarem novos e a ponto de formar, ao final do processo, um grande corpo de conhecimento que pode ser usado até fora dos ambientes escolares, como prevê a TAS.

Do total de participantes, 23 estudantes, a média de frequência é de 16 estudantes. Isso significa uma importante participação na pesquisa, de forma voluntária.

O interesse deles em atender aos encontros pode ser relacionado, em grande parte, à inclusão real que a compreensão das partes do conteúdo possibilita e, atrelado a isso, à esperança deles no próprio processo de aprendizagem.

Assim, é possível retirar disso que quanto mais os estudantes aprendiam, ou tomavam consciência de que eram capazes de realizar as atividades, mais eles se interessavam em permanecer e fazer parte de um projeto que entrega uma autonomia de estudos a qual eles não estavam acostumados.

Parte do progresso que encontraram estava relacionada à autonomia em assistir aos vídeos quantas vezes fosse preciso e parte estava associada à coerência entre conteúdo dado e conteúdo cobrado nos exercícios correspondentes, sem surpresas.

Dessa forma, foi possível acompanhar o engajamento dos estudantes num processo que reconheceram como criado para eles, mas com a assistência irrestrita de alguém que domina mais os conteúdos e pode, assim, suportar suas dúvidas e questionamentos na medida de suas demandas individuais.

Mesmo a partir do gráfico 01, sem considerar a média de acertos, é possível distinguir um maior número de estudantes associados aos bons e excelentes rendimentos, o que implica no acesso do professor em identificar e intervir, em tempo real, dedicando-se àqueles que mais precisam de atenção. Este é um ponto importante que sobressai dos resultados, afinal, numa sala com média entre 30 e 40 estudantes, essa identificação pode significar um aumento de eficácia escolar mais próximo da expectativa dos professores.

Em consonância com a TAS, o professor deve considerar o referencial do aprendiz, em termos de sua estrutura cognitiva, para então propor novos caminhos para a aprendizagem. Também com relação à teoria da aprendizagem significativa, foi possível observar o maior comprometimento dos estudantes nos próprios processos de aprendizagem, diante de materiais logicamente sequenciados e organizados de forma a oferecer uma possibilidade real de organização de elementos que compõem a estrutura cognitiva prévia de cada um e ir além, formando novos elos entre conceitos existentes e aprendidos, nas diversas aulas a que foram submetidos.

Infelizmente a pretensão de sistematizar os procedimentos metodológicos depende muito mais do professor do que das oportunidades e incentivos que recebe para progredir na pesquisa.

Diante disso, as prerrogativas de excelência devem ser redirecionadas, talvez, ao gerenciamento e administração escolar, de modo que os professores e estudantes ganhem acesso, cada vez maior, aos investimentos em formação docente e modernização do ambiente escolar.

Se os desvios de recursos financeiros para treinamento humano ocorreu no sentido do corpo docente para o técnico, o que privilegiou o esvaziamento de conteúdos escolares, como alerta SAVIANI, os resultados apontam para a retomada das discussões que resultem na inversão do sentido das ações.

A ordem de investimentos educacionais deve apontar, segundo essa análise, para a formação de professores e para a viabilização de projetos que retomem a eficácia escolar e resultem num aumento do rendimento dos estudantes em qualquer avaliação, afinal, a compreensão e segurança deles é só o que pode refletir no aumento de índices.

Foi importante o momento da aula para construir, nos estudantes, uma lógica entre conceitos mais gerais que estão conectados, pois fica claro que a organização da estrutura cognitiva, e seu pronto uso, anterior à construção de conhecimentos novos é uma demanda do momento da aprendizagem assistida.

Por outro lado, alguns dos conhecimentos prévios presentes nessa estrutura opõem-se à aprendizagem nova, e com significados, pela dificuldade que os estudantes têm em, sozinhos, abandonar o senso comum para se lançarem em direção ao novo. Este também é um resultado previsto na fundamentação da TAS.

4.4.3 Da tomada de consciência do professor, ou instrumentalização necessária à concepção de cidadania

No caso do mestrando, ao contrário, o procedimento inverso pode ser identificado: no momento em que tomava consciência, por meio das leituras realizadas e pela observação da alteração metodológica imposta à sala de aula, automaticamente alterava

sua postura, e relativos procedimentos, aproveitando o fato de ter sido “presenteado” com os resultados das observações.

Isto confirma que a maior organização da estrutura cognitiva, no caso do mestrando, confere “aos especialistas” um maior rendimento da prática sobre a teoria. Eles, que conseguem permanecer fora da zona de sobrecarga cognitiva, se beneficiam mais prontamente dos conhecimentos novos e dinâmicos, propostos pela nova versão de aula.

Este fato, adicionado do entusiasmo para aprender, garante ao professor uma velocidade maior de aprendizagem sobre seus alunos.

Essa interação altera a aula e a visão do professor com relação à ela, o que deve dirigir o olhar dos pesquisadores no sentido da divulgação desses resultados para que outros possam se valer do produto educacional para construir, também, novos conhecimentos sobre as mesmas estratégias didáticas (inclusive para outros assuntos do currículo ou da Física moderna e contemporânea).

Quanto às dificuldades, à parte das que se referem à estrutura das escolas com relação às novas tecnologias e ao incentivo à formação dos professores, é preciso acrescentar à pauta das discussões a formação do mestrando em Física. Neste caso, o estudante do Mestrado Profissional que idealiza e confecciona um Produto Educacional dentro do MNPEF.

O mestrando, assim como os estudantes entregues aos seus cuidados e a equipe pedagógica, possui convicções sobre o processo educacional já cristalizadas. Também ele possui subsunçores que podem dificultar a recepção, assimilação e construção de novos conhecimentos, tão distantes – intelectual e procedimentalmente – dos que compuseram sua formação anterior.

Assim, a formação no Mestrado Profissional deve ser visto como é, de fato: um duplo desafio que requer, portanto, dupla assimilação, por parte dos mestrandos e dos estudantes da escola básica.

Somente compreendendo os elos entre as formações dos professores e estudantes será possível, para os pesquisadores, intervir de modo a contemplar que todos tenham seus direitos assegurados, enquanto cidadãos, no quesito educação.

Capítulo 5 – Discussão final

A discussão sobre os resultados oferece, aos leitores e pesquisadores, dados importantes sobre a realidade do ensino, dentro de uma escola pública da cidade onde foi realizada a pesquisa.

É possível diante deles, desvelar a existência de processos e tentativas imperceptíveis de tornar técnico o ensino, de forma a retirar a atenção dos estudantes, dos professores, dos agentes escolares e, modo geral, da comunidade atendida pelo ensino público, sobre o trabalho dos professores (agentes legítimos dos processos de ensino).

Enquanto a TAS defende a atenção depositada nos estudantes, pelo professor, os autores que defendem a sala de aula invertida retiram, quase completamente, o foco sobre o trabalho dos professores, como se fosse possível o processo de Ensino-Aprendizagem acontecer somente pela pré-disposição dos estudantes em atender ao sistema de escolarização.

Frases como: “a aula gira em torno dos alunos, não do professor”, “O professor está presente unicamente para prover feedback especializado”, “o papel do professor na sala de aula é o de amparar os alunos, não o de transmitir informações” não deixam dúvidas sobre o desvio que se pretende apontar para o olhar de educadores na transferência de foco dos professores para os estudantes. Se o discurso é pelo conteúdo, o direcionamento para as atividades não o é.

No entanto, mesmo retirado o foco sobre o trabalho dos professores no momento da aula presencial, ele aparece como o centro do processo de Ensino-Aprendizagem toda vez que o foco principal esbarra na relação entre quem aprende e quem ensina, entre as atividades e quem tem a responsabilidade de criá-las, mediante resultados internos às salas de aula.

Na leitura crítica da obra escolhida para subsidiar as discussões atuais, é possível detectar o professor como agente principal do processo de escolarização, mesmo que a intenção explícita dos autores seja a oposta.

Por exemplo, quando eles falam de criar avaliações somativas particulares, com várias versões de provas, ou quando eles falam sobre treinar os estudantes a assistirem aos vídeos em horários fora dos da aula presencial, quando falam sobre focalizar a atenção

nos estudantes, eles apontam o caminho para melhorar os índices educacionais como o caminho de melhorar a formação dos professores.

Sem o professor os materiais não cumprem seu papel, sem o professor eles sequer seriam criados, sem o professor os estudantes não podem ser atendidos em suas necessidades individuais, sem o professor os vídeos não seriam gravados, porque os roteiros, que dependem do domínio sobre os conteúdos a serem ensinados e direcionam as atividades nunca chegariam a ser concebidos, ou seja, sem os professores não se cumprem as exigências educacionais.

Sem o professor não há processo de ensino e a aprendizagem volta ao tempo anterior à criação dos sistemas escolares quando o processo de aprender era espontâneo e insuficiente para fomentar o processo de transmissão do conhecimento humano num ritmo sequer comparável ao ritmo em que se desenvolvem os critérios do próprio desenvolvimento humano.

Tudo isso nos remete a questionar se o papel das escolas é socializar os estudantes ou realmente possibilitar que, por exemplo, os conteúdos científicos, altamente elaborados e complexos, sejam transmitidos a todos os seres humanos.

Esses resultados, diante da média dos resultados sobre provas de avaliação externa, a que se submete o sistema educacional nacional, podem ser generalizados para além do ambiente pesquisado.

Aparece, como um resultado importante, o quanto os professores são discriminados como precursores de resultados ruins da educação, e o quanto a tentativa de responsabilizar estudantes e professores pelo fracasso dos sistemas públicos de ensino escondem, de modo imperceptível à rotina escolar, o quanto essa responsabilidade é, também, administrativa.

Os escassos recursos destinados à manutenção dos sistemas escolares respondem, em grande parte, pelo pequeno incentivo e investimento por metodologias capazes de mediar os processos de aprendizagem de modo a aumentar a eficácia escolar, em todos os níveis.

BERGMANN & SAMS (2018) afirmam que os estudantes apreciam a flexibilidade da metodologia da sala de aula invertida. Segundo eles, é possível que os estudantes acelerem, por si mesmos, o ritmo de aprendizagem. Este não é um ato que se assiste na escola, os alunos não têm, por si, iniciativas que priorizem o estudo, sem a

intervenção sistemática e o incentivo de seus professores, ou seja, o estudo formal não é espontâneo.

Assim, cabe aos professores e administradores da educação definir se querem efetivamente elevar os níveis de ensino e aprendizagens dos conteúdos, já sistematizados ou aceitos, como forma de promover o acréscimo/construção do conhecimento, no ensino formal, ou, se a educação, esvaziada de conteúdos, será compreendida como um projeto de pesquisa restrito aos métodos para aprender, a ser desenvolvido em conjunto, na escola, por professores e estudantes.

Neste caso, tendo o conhecimento por descoberta um substituto para a transmissão de conteúdos escolares, cabe ressaltar que os índices, como consequência, não devem se elevar já que o projeto do aprender a aprender não tem os conteúdos como objetivos a serem alcançados.

Em continuidade ao estudo fica a pergunta: quais seriam os resultados de novos contatos com as questões respondidas no Socrative – as que podem interferir nos índices de avaliações externas – num momento bem posterior ao da aplicação do produto educacional?

Muito do que foi dito pelos estudantes e dos procedimentos de intervenção por parte do professor, para subsidiar o estudo dos conteúdos, ficaram completamente sem registro, de modo que para o professor ficaram contribuições internas para sua formação que não puderam ser resgatas na escrita do trabalho.

No entanto, do que foi possível regatar, tem-se dados importantes, como no relato 1, no qual é possível inferir sobre a organização do raciocínio do estudante que evidencia buscar, na equação, relações entre as grandezas físicas que ele conhece (subsunçores seus). Mais do que isso, ao encontro do que diz a TAS, sobre a ancoragem de novos conceitos sobre os pré-existentes na estrutura cognitiva dos estudantes, percebe-se que a associação entre grandezas e as propriedades extrínsecas ou intrínsecas da matéria começam a ser diferenciadas, mesmo que não sejam relacionadas, literalmente, a estas denominações.

Do relato 2 vê-se que o reconhecimento (sorriso) da palavra “fixo” ligada a invariância de temperatura, que acontecem nos pontos de fusão e ebulição da água, leva o estudante à criação de um ponto de ancoragem para novos conceitos, ligados as palavras “latente” e “sensível”. Como descrito por ele, quando toma consciência do elo entre o

sentido literal e semântico das palavras associadas aos conceitos de quantidade de calor latente e sensível, por possibilitar a distinção entre os dois.

Da mesma forma, o estudante do terceiro relato pode usar as informações sobre expansão térmica para extrapolar o conceito de dilatação, antes de compreender, por exemplo, qual a importância dela na confecção de termômetros de mercúrio. É esta a propriedade que permite a construção de termômetros com bulbo e capilar, pois a dilatação dos sólidos é diferente da dos líquidos.

Esta informação, por sua vez, servirá de subsunção ou será associado à compreensão do motivo de existência das folgas entre placas de cimento, ou nos viadutos, abordados na aula.

Desse relato originou-se a alteração da ordem das aulas, considerando que para explicar como funcionam os termômetros, o conhecimento de dilatação é obrigatório.

Constatou-se também, depois do tratamento dos dados do item 4.3, sobre os relatos dos estudantes que subsidiaram a resposta à questão de pesquisa, ficou prejudicado pela falta de um diário de bordo do professor ou da gravação das aulas para posterior transcrição e análises, não previsto na metodologia, mas imprescindível a este tipo de pesquisa.

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, D.P. **The psychology of meaningful verbal learning**. New York: Grune and Stratton. 685p. 1963.

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. & HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana. Tradução ao português do original Educational psychology: a cognitive view. 625 p. 1980.

AUSUBEL, David P. **The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view**. 1. New York: Springer, 2000. 226 p.

AGOSTINI, Nilo. Conscientização e Educação: ação e reflexão que transformam o mundo. Pro-Posições, Campinas, v. 29, n. 3, p. 187-206, set. 2018. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-73072018000300187&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 06 nov. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/1980-6248-2015-0105>.

BERGMANN, Jonathan; SAMS, Aaron. **A sala de aula invertida: Uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BOURDIEU, P. Razões práticas: sobre a teoria da ação. 11 ed. Campinas, SP: Papirus, 2018. 311 p.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, p.553: 2018.

BROCKINGTON, G., PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de física moderna? Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v.10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/512/309>>. Acesso em: 20 dez. 2019.

CHEVALLARD, Yves. “On Mathematics Education and Culture: Critical Afterthoughts.” Educational Studies in Mathematics, vol. 21, no. 1, 1990, pp. 3–27. JSTOR, JSTOR, www.jstor.org/stable/3482216.

CHEVALLARD, YVES. **La transposición didáctica: Del saber sabio al saber enseñado**. 2019. Acessado em 12/12/2019. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/242760000_La_transposicion_didactica_Del_saber_sabio_al_saber_ensenado.

DIAS SOBRINHO. Avaliação, Campinas: **Avaliação e transformações da Educação Superior Brasileira (1995-2009): Do Provão Ao SINAES**. Sorocaba, SP, v. 15, n. 1, p. 195-224, mar. 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**, v. 2 Gravitação, Ondas e Termodinâmica Rio de Janeiro: Editora LTC, 2006.

LOBO, M. P. et al. Teletransporte de uma partícula: um protocolo no contexto do ensino médio. Física na Escola, v. 16, n. 2, 2018.

- LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem**: componente do ato pedagógico .1 ed. São Paulo: Cortez, 2013.448 p.
- MORIN, E. Educação e complexidade: **os setes saberes e outros ensaios**. 4. Ed. São Paulo: Corte, 2007.
- MOREIRA, Marco Antonio; STUDART, Nelson; VIANNA, Deise Miranda. O MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA (MNPEF): UMA EXPERIENCIA EM LARGA ESCALA NO BRASIL. Latin-american journal of physics education, [S.L.], v.10, n.4, p. 4327-1, dez. 2014. Disponível em: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6014060>>.Acesso em: 26 ar. 2019
- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. Editora pedagógica e universitária São Paulo, 1999. v. 2.
- MOREIRA, M. A. Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, Psicologia Educacional, 1968, Joseph Novak e Bob Gowin. **In: IX EIAS**. São Carlos. 2019. Acesso em 01/12/2019. Disponível em: <https://www.ixeias-ufscar-2019.com>.
- NOVAK, J. D. GOWIN, D.B. **Aprender a aprender**. Plátano edições Técnicas. Lisboa: 1ª ed., 1984.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**, v. 2 Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.
- PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar De. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org.). Ensino de Física: **conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 151–170.
- SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. 42ª ed. Campinas: Autores Associados, 2012.
- TIPLER. P.A, MOSCA G. **Física para cientistas e engenheiros**, v. 1 Mecânica, Oscilações e ondas, Termodinâmica. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- VERGNAUD, G. A Teoria dos Campos Conceituais. **Didática das Matemáticas**. Trad. De Maria José Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996.

Apêndice A

Os vídeos, apresentações e listas de exercícios.

No link a seguir estão contidas as nove pastas contendo, separados por aula, os vídeos, a apresentação em Power Point e as listas de exercícios correspondentes.

https://www.dropbox.com/sh/zyfx5bnw7mv5js7/AAAH7V8DastVIHd3Q_aYONEka?dl=0



Material de apoio para a inversão da sala de aula sobre termologia e calorimetria

HUMBERTO MATTA REZENDE CALS NETO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora:
Dra. Shirlei Nabarrete Dezidério

Araguaína
Fevereiro de 2020

Sumário

Apresentação	107
O produto Educacional.....	108
1. Os roteiros das aulas.....	110
1.1 Roteiro da aula 01	110
1.2 Roteiro da aula 02	111
1.3 Roteiro da aula 03	112
1.4 Roteiro da aula 04	113
1.5 Roteiro da aula 05	115
1.6 Roteiro da aula 06	116
1.7 Roteiro da aula 07	118
1.8 Roteiro da aula 08	119
1.9 Roteiro da aula 09	120
2. Listas de exercícios	121
2.1 Lista de exercícios 01	121
2.2 Lista de exercícios 02	122
2.3 Lista de exercícios 03	123
2.4 Lista de exercícios 04	124
2.5 Lista de exercícios 05	126
2.6 Lista de exercícios 06	127
2.7 Lista de exercícios 07	129
2.8 Lista de exercícios 08	129
2.9 Lista de exercícios 09	130
3. O pano de fundo dos Vídeos.....	133
3.1 Vídeo 01: Introdução a termologia e calorimetria	133
3.2 Vídeo 02: Termômetros e escalas Termométricas	133
3.3 Vídeo 03: Escalas Termométricas	134
3.4 Vídeo 04: Dilatação térmica	136
3.5 Vídeo 05: Calor e sua propagação e trocas de calor por condução	137
3.6 Vídeo 06: Convecção térmica.....	138
3.7 Vídeo 07: Irradiação Térmica	139
3.8 Vídeo 08: Capacidade térmica, calor específico e calor sensível	140
3.9 Vídeo 09: Calor Latente e mudanças de estado físico	141
4. O endereço dos vídeos.....	143
Referências Bibliográficas	144

Apresentação

Este texto refere-se à criação de um produto educacional no âmbito da pós-graduação *Stricto Sensu* do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. Ele contempla nove aulas sobre o tema Termologia e Calorimetria que, normalmente, é oferecido aos estudantes ao longo do período de um bimestre letivo.

Trata-se de um material didático complementar cuja sequência mostra o desenvolvimento e criação dos vídeos baseados em roteiros previamente elaborados.

O professor da Educação Básica pode, por meio da metodologia nele fundamentada, utilizar, adaptar ou criar aulas a partir do modelo testado.

O produto Educacional

A sala de aula invertida (BERGMANN & SAMS, 2018), ou ensino híbrido, é uma proposta metodológica ativa que se contrapõe às metodologias tradicionais de ensino, onde o aprendiz faz em casa o que deveria ser feito na escola, e na escola o que deveria ser feito em casa, e neste contexto o momento de aprendizagem é dividido em três etapas:

- Introdução do conteúdo: Ocorre em casa
- Exemplos e esclarecimentos de dúvidas: Ocorre em sala
- Resolução de exercícios e avaliação da aprendizagem: Ocorre em sala

Do ponto de vista do aprendiz a metodologia da sala de aula invertida o torna protagonista no processo de aprendizagem, de forma que se possibilite explorar de uma maneira mais ativa suas habilidades e capacidades, transferindo para o aluno a responsabilidade de estudar em casa aquilo que lhe foi proposto.

As metodologias ativas apresentam-se, então, como proposta para integrar os aspectos fundamentais da aprendizagem do aluno. Metodologias ativas são estratégias de ensino centradas na participação efetiva dos estudantes na construção do processo de aprendizagem, de forma flexível, interligada e híbrida. As metodologias ativas, num mundo conectado e digital, expressam-se por meio de modelos de ensino híbridos, com muitas possíveis combinações. (MORAN, 2018, p. 45).

Entretanto o professor possui o papel de mediador, responsável por criar, elaborar ou selecionar o material disponível para realização de todas as etapas desta metodologia.

E acerca desta problemática surge um produto educacional: Material de apoio para a inversão da sala de aula sobre termologia e calorimetria.

Este produto educacional é composto de nove aulas conceituais disponibilizadas na forma de vídeo, com duração entre dois e cinco minutos, juntamente com apresentações em Power Point e listas de exercícios para o momento da avaliação. Os vídeos podem ser disponibilizados aos estudantes através de plataformas digitais, ou transferência de arquivo, com o objetivo de garantir que a primeira etapa do processo metodológico seja concluída.

Vale ressaltar que de posse deste material a aula passa a ser de propriedade dos estudantes, e permite ser acessada na medida da necessidade de cada um deles, pois indivíduos diferentes, possuem tempos de aprendizagem diferentes.

Como o conteúdo em si é transmitido por meio de vídeos on-line, eles podem optar por acelerar o próprio ritmo e avançar o programa. [...] não estão assim “manipulando o sistema”, mas sim, aprendendo valiosas competências para vida, ao gerenciarem com eficácia o próprio tempo. (BERGMANN & SAMS, 2012, p. 22)

Mais ainda, este produto educacional garante que a aula possa ser revisada quando o estudante esquecer parte do assunto, para dar subsídio e integração para os próximos conteúdos, o que, como AUSUBEL (2000) defende, torna autônomo, pelo menos em parte, o processo educacional.

O produto aborda os conteúdos de Termologia e Calorimetria e os primeiros minutos de cada vídeo são destinados à revisão do que foi visto na aula passada, pois a sala de aula invertida transfere o foco do processo de ensino do professor para o aluno, de forma que dar a aula e receber por ela deixa de ser o mais importante para o professor, pois se não houve aprendizagem também não houve ensino.

[...] Não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprender ensina ao aprender. Quem ensina, ensina alguma coisa a alguém. Por isso é que, do ponto de vista gramatical, o verbo ensinar é um verbo transitivo-relativo. Verbo que pede um objeto direto – alguma coisa – e um objeto indireto – a alguém. (FREIRE, 1996, p. 23)

O produto é composto de quatro partes, basicamente:

1. os roteiros utilizados para a gravação dos vídeos;
2. os exercícios que foram aplicados ao final de cada aula, para acompanhar o quanto dos conteúdos aparecem organizados e disponível para uso, por parte dos estudantes, e a necessidade de intervenção, por parte do professor, quanto ao acompanhamento síncrono do rendimento individual;
3. o pano de fundo dos vídeos, disponíveis em Power Point;
4. o link de acesso aos vídeos das nove aulas que o compõe.

1. Os roteiros das aulas

Os roteiros foram elaborados com o objetivo de não tornar a aula muito extensa, procurou-se colocar no papel exatamente o que deve ser dito, para que o aluno tenha, na medida, a quantidade exata de conteúdo para determinada aula.

Para a leitura de todos eles é necessário o acompanhamento dos vídeos, pois eles contemplam somente a linguagem verbal da aula correspondente.

1.1 Roteiro da aula 01

3.4.1 Roteiro da Aula 01

Olá. Hoje vamos falar sobre termologia, que é a área da física que estuda temperatura e seus fenômenos, e de calorimetria, área que estuda o calor e seus fenômenos.

Importante distinguir, nesse primeiro momento, calor de temperatura, pois são grandezas físicas distintas. Enquanto a temperatura é uma grandeza que está relacionada a energia de movimento das partículas de um sistema, o calor é energia em trânsito, em movimento. Entretanto, comumente utilizamos este conceito a uma sensação fisiológica associada a ambientes com temperatura elevada.

Temperatura, calor, assim como massa, velocidade e comprimento, são o que chamamos de grandezas físicas e lembre-se, grandeza física é tudo o que é passível de medida.

Como foi dito, temperatura mede a energia cinética das partículas de um corpo ou sistema. Na panela de água fervente da animação é nítida a relação do aumento da temperatura com a agitação molecular, como mostra a animação relacionada ao estado microscópico do líquido. Já o calor é energia térmica em trânsito entre corpos de diferentes temperaturas. Ele é responsável pelas mudanças de estado físico, e nos ajuda a entender por exemplo, que o café esfria, quando colocado num ambiente à temperatura menor.

A energia térmica flui, espontaneamente, dos corpos de maior temperatura para os de menor, tendendo ao equilíbrio térmico, que ocorre quando ambos ficam à mesma temperatura. Nesse momento, quando a temperatura dos sistemas se iguala, o fluxo cessa.

1. 2 Roteiro da aula 02

Na aula passada vimos que Calor é energia térmica em trânsito, enquanto Temperatura é uma grandeza física que mede o grau de agitação das moléculas de um sistema.

Mais ainda, vimos que o fluxo de calor espontâneo é sempre do corpo de maior temperatura para o e menor. A aula de hoje é reservada ao estudo de escalas termométricas e termômetros.

O termômetro mais comum é construído de um capilar interno, preenchido com um líquido termométrico, que pode ser álcool colorido ou mercúrio, por exemplo, e permite precisar a dilatação térmica volumétrica do material contido no bulbo, quando em equilíbrio térmico com o sistema que se deseja medir. Trata-se de um processo de expansão que será estudado mais adiante, mas que possibilita a medida de temperatura pela distinção com que sólidos e líquidos se dilatam. A partir da altura do capilar, constroem-se as escalas termométricas.

As escalas mais utilizadas são: Celsius (muito utilizada no Brasil), Fahrenheit (predominante nos países de língua inglesa) e Kelvin (também conhecida como escala absoluta). O Kelvin é a escala utilizada no SI. Para a construção das escalas utilizam-se os pontos fixos da água a uma atmosfera, ou seja, o ponto de fusão do gelo e o de ebulição da água.

Esses pontos são chamados fixos porque, uma solução de água e gelo, na temperatura de fusão do gelo, mantém sua temperatura inalterada mesmo recebendo ou perdendo calor para o meio externo. Neste caso a energia é utilizada para fundir o gelo ou solidificar a água, sem alterar a temperatura.

No caso da água em ebulição, o calor recebido pelo sistema transforma água líquida em vapor, ou seja, depois de atingir a temperatura de ebulição, a água permanece em ebulição, à temperatura constante, até que toda ela se transforme em vapor.

A tabela mostra, à pressão de uma atmosfera, as temperaturas de congelamento e ebulição da água, nas três escalas.

Tabela 01 – Temperatura para pontos fixos da água à pressão de 1 atm.

Escala	Ponto de fusão (PF)	Ponto de Ebulição (PE)
CELSIUS	0°C	100°C
FAHRENHEIT	32°F	212°F
KELVIN	273 K	373 K

Para construir uma relação entre elas, basta considerar a proporcionalidade matemática entre as escalas, usando conceitos geométricos, ou seja, a razão entre $T_C - 0$, sobre $100 - 0$ é proporcional a $T_F - 32$ sobre $212 - 32$.

Dessa forma é possível construir qualquer relação entre escalas distintas e então, transformar as temperaturas de uma escala para outra.

Duas coisas podem ser feitas para simplificar, omitir o menos zero no numerador e denominador da primeira fração, e ainda, dividir os dois denominadores por 20, que é o máximo divisor comum entre 100 e 180.

A relação Celsius-Fahrenheit fica, então, reduzida à:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad (20)$$

Obs.: Diante das **análises posteriores à aplicação do produto educacional** é importante observar que faltou, neste roteiro, a explicação sobre o fato de a escala Kelvin ser absolutamente necessária nos cálculos referentes aos gases ideais, tema posterior ao conteúdo tratado aqui, diante da impossibilidade de substituir, por exemplo, a temperatura de 0 °C na equação $\frac{p \cdot V}{T} = n \cdot R$.

1. 3 Roteiro da aula 03

Sobre a aula passada, vimos que o Termômetro é um instrumento de medida de temperatura que funciona graças a relação entre a variação da coluna de mercúrio, por exemplo, com a temperatura em que ele está. Essa altura da coluna de mercúrio independe da escala utilizada para medi-la, assim, a mesma temperatura pode ser expressa em diferentes escalas, como a Celsius, a Fahrenheit ou Kelvin.

Da proporcionalidade tiramos a relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit, e, da mesma forma, podemos agora relacionar as três.

Para relacionar as escalas Celsius e Kelvin, utilizaremos a relação proporcional entre $T_C - 0$ sobre $100 - 0$ e $T_K - 273$ sobre $373 - 273$. Efetuando essas operações tem-se $T_C/100 = (T_K - 273) / 100$. Os 100 de ambos os denominadores se anulam e a relação Celsius-Kelvin fica $T_C = T_K - 273$

E agora faremos o mesmo processo para relacionar a três escalas e para construir uma relação entre elas, basta considerar a proporcionalidade entre as escalas, usando conceitos geométricos, como fizemos anteriormente, ou seja, a razão entre $T_C - 0$, sobre $100 - 0$ é proporcional a $T_F - 32$ sobre $212 - 32$, assim como $T_K - 273$ sobre $373 - 273$. Dessa forma é possível construir qualquer relação entre escalas distintas e, então, transformar as temperaturas de uma escala a outra. E, por fim, temos a relação Celsius-Fahrenheit – Kelvin que é $T_C/5 = (T_F - 32) / 9 = (T_K - 273) / 5$

Transformar temperatura ou variação de temperatura são coisas diferentes. No caso da variação, basta parar já no primeiro estágio das relações, pois $T_C - 0$ é o mesmo que a variação na escala Celsius, assim como $T_F - 32$ é a variação na escala Fahrenheit e $T_K - 273$ é a variação na escala Kelvin. Assim para transformar variações de temperatura utilizaremos esta relação.

Note que as escalas Celsius e Kelvin têm 100 divisões entre os pontos fixos e a escala Fahrenheit 180, por este modo as variações de temperatura nessas duas escalas são equivalentes.

A menor temperatura que um sistema poderia atingir seria o zero absoluto, ou seja, o Zero da escala Kelvin. Isso significa que a escala Kelvin não tem temperaturas negativas, enquanto as outras têm. Veja na figura que a escala Celsius e a Fahrenheit chegam a valores negativos de $- 273$ e $- 459$ respectivamente, que equivalem ao zero Kelvin.

1. 4 Roteiro da aula 04

O assunto hoje é dilatação térmica. Trata-se de compreender que qualquer substância ou corpo responde ao aquecimento ou resfriamento com aumento ou diminuição de tamanho, como veremos a seguir.

Um corpo cujas dimensões de altura e largura possam ser desprezadas diante do comprimento, será tratado como unidimensional. Neste caso, ao considerar apenas o comprimento, a dilatação é dita linear.

Veja na figura, que se considera um corpo de comprimento L_0 (comprimento inicial), à temperatura T_0 . Ao ser aquecido até a temperatura T , seu comprimento passa a ser L , tendo aumentado o que se denomina ΔL , ou seja, a variação no comprimento. As relações matemáticas são obtidas experimentalmente:

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (21)$$

Onde α é o coeficiente de dilatação linear do material e sua unidade é: $\alpha = \frac{1}{^\circ\text{C}}$

É possível que um corpo tenha somente uma das dimensões desprezível em relação as outras duas, comprimento e largura, por exemplo, neste caso, trata-se de uma superfície, ou área, e a dilatação ocorre em duas dimensões. É a dilatação superficial, cuja expressão é muito similar à anterior, ou seja,

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T \quad (22)$$

Neste caso, 2α é denominado β , que é a constante de dilatação superficial do material, cuja unidade é a mesma de α .

Este conhecimento pode evitar, por exemplo, que o asfalto se trinque sobre pontes e viadutos, com a inserção de espaços que permitam que a dilatação dele seja absorvida pela estrutura.

No caso da dilatação volumétrica, todas as dimensões são relevantes e o corpo sofre alterações em três dimensões, ou seja, no volume, que considera comprimento, largura e espessura. A expressão de dilatação volumétrica é:

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T \quad (23)$$

Onde 3α é denominado γ , que é a constante de dilatação volumétrica e, novamente, mantém a unidade como as anteriores.

A dilatação volumétrica vai exigir uma reflexão a mais, pois os líquidos são armazenados em recipientes de materiais sólidos, mas líquidos e sólidos dilatam-se de formas distintas. Isso ocorre porque o coeficiente de dilatação volumétrica dos sólidos é muito menor que o dos líquidos.

$$\gamma_{\text{sólidos}} \ll \gamma_{\text{líquidos}}$$

Isso corresponde a dizer que ao serem aquecidos juntos, os volumes finais dos líquidos superam os dos recipientes que os contém. Daí, é comum ouvir que se o tanque de um carro estiver completamente cheio, de manhã, quando a temperatura é mais amena, e ele for deixado ao sol do meio dia, o combustível derramará. Isto porque tanto o tanque quanto o líquido se dilatam, mas o líquido derrama porque seu volume aumentará de uma

quantidade maior, de modo que o tanque não comportará, mesmo tendo dilatado um pouco, o volume excedente de combustível.

Para esses casos é necessário considerar as duas dilatações para saber o quanto do líquido derramará.

Só lembrando, Δ significa variação, e é sempre final menos inicial. Assim, ΔT é temperatura final menos a inicial, ΔL , comprimento final menos comprimento inicial, e assim por diante, até ΔV , ou seja, volume final menos volume inicial.

Note que, a temperatura final for menor que a inicial, ao invés de dilatar, o corpo contrai. A forma de calcular a contração é a mesma, a menos de um sinal negativo que deve aparecer, por causa do ΔT ser, neste caso, negativo.

1.5 Roteiro da aula 05

Vimos na aula passada como se constroem as relações entre as três mais importantes escalas termométricas. Vimos também como transformar temperaturas e variações de Temperatura.

Uma coisa importante sobre a última aula é que a palavra graus acompanha o valor numérico que representa temperaturas, em qualquer escala, com exceção da Kelvin.

Também relacionada à escala Kelvin, por tratar-se da escala absoluta, não tem sentido falar em temperaturas negativas, já que a menor temperatura de um sistema seria o 0 K. No entanto, para outras escalas é muito comum encontrar, por exemplo, -10°C , ou -25°F .

Na aula de hoje veremos como se dá a propagação de calor, definido como energia térmica em trânsito. As unidades são: No SI, Joule, no sistema usual, caloria.

Uma caloria corresponde a aproximadamente 4,2 J, ou seja, é possível transformar as unidades do calor por meio dessa relação. Mas cuidado, quando o assunto é caloria alimentar é importante observar que nos rótulos dos alimentos a unidade é Kcal. Assim como um 1 km, significa 1000 metros, também a kcal, significa 1000 calorias.

A propagação do calor se dá de três formas principais: por condução, por convecção e por radiação.

Na condução, o aumento de temperatura de uma porção do material sólido imprime maior vibração às moléculas próximas, o que, por sua vez, implica no aumento

de temperatura de partes do material que não necessariamente estão em contato com a fonte de calor.

Obs.: Por condução o calor não se propaga no vácuo, pois para haver transferência de calor por condução, necessita-se de matéria.

Existem materiais que conduzem calor com mais facilidade, a estes denominamos condutores de calor, enquanto os materiais que dificultam o transporte de energia, chamamos isolantes térmicos.

A tabela mostra os valores de condutividade térmica de alguns materiais. Note que quanto menor for a constante de um material melhor isolante ele será e o contrário se aplica aos condutores.

Os bons isolantes térmicos são aqueles que minimizam as trocas de calor, portanto, blusas de lã, permeadas por grossas camadas de ar (que é um bom isolante térmico) impedem que nosso corpo perca calor para o ambiente, por isso nos protege nos períodos frios. Veja aqui o exemplo de um corpo construído para minimizar a troca de calor entre um líquido, o café por exemplo, e o ambiente externo. Trata-se de um equipamento que visa manter a temperatura inicial do café, ou seja, manter o café quentinho por um longo período.

Para isso, a tampa e o apoio da garrafa são construídos de material isolante, mas, além disso, existe uma quantidade mínima possível de ar, que podemos considerar como o vácuo, para impedir trocas de calor por condução, e a parede interna é espelhada, para manter o calor dentro da garrafa por radiação. Tanto a convecção quanto a radiação serão temas das próximas aulas. Até lá.

1.6 Roteiro da aula 06

Na aula passada vimos que, na Física, o que chamamos calor é energia em trânsito. Vimos também que 1 cal corresponde a 4,2 J e que a letra k, antes de caloria, multiplica cada caloria por mil, e é assim que a caloria alimentar aparece nas embalagens dos alimentos. Não como calorias, mas como quilocalorias, ou seja, mil calorias. Também vimos que a propagação do calor se dá de três formas principais: por condução, por convecção e por radiação, embora tenhamos estudado somente a transmissão de calor por condução.

Neste caso, o transporte de energia, seguido de consequente aumento de temperatura, decorre do contato entre a parte do sólido com a fonte de calor e com outras partes do mesmo corpo.

Vimos também que, quanto maior a condutividade térmica do material, melhor ele se comportará como condutor térmico, o que implica que o corpo é um isolante ruim. Note que a recíproca também é verdadeira, ou seja, quanto melhor é um isolante, pior ele conduz calor.

Hoje o assunto é outra forma de condução de calor, a convecção. Por convecção há propagação de matéria e energia, que ocorre por causa da diferença de densidade entre as partes quentes e frias de determinada substância. Esta é a forma de transporte de calor nos fluidos, que são os líquidos e os gases.

Ao aquecerem, os fluidos aumentam de volume e tornam-se, portanto, menos denso, já que a densidade e o volume são grandezas físicas inversamente proporcionais, quando a massa é fixada. Neste caso, o fluido menos denso (quente) sobe, enquanto o mais denso (frio) desce, vindo a ocupar o lugar do que subiu.

Da mesma forma como acontece na condução, como vimos anteriormente, o fluxo de energia, ou calor, vai espontaneamente das regiões de maior temperatura para as de menor temperatura. Este processo é responsável pelo que chamamos brisas litorâneas. Por causa do alto calor específico [$1 \text{ cal}/(\text{g} \cdot ^\circ\text{C})$], a água do mar sofre pequena variação de temperatura. O continente, ao contrário, tem uma variação de temperatura maior que a do mar.

Durante o dia, a superfície de terra está mais quente que o mar, então o ar quente do continente sobe e o ar do mar desloca-se para o continente. Temos a brisa marítima.

Durante a noite, a terra resfria-se rapidamente e o mar torna-se mais quente que a terra, então o ar quente sobre o mar sobe e o ar da terra desloca-se para o mar, ao que chamamos, brisa terrestre.

Note que, embora a definição de energia seja muito mais complexa do que a noção que temos do que energia é, uma coisa é certa: o sol é o grande responsável por todas as formas de energia que permitem a vida na Terra. Você poderia perguntar, por exemplo, mas e a energia das hidrelétricas, onde a água é o agente responsável por girar turbinas e, conseqüentemente, gerar energia elétrica? A resposta fica por sua conta, diante de uma nova pergunta que eu posso te fazer: a água que desce dos rios, foram levadas as cabeceiras pela chuva, certo? E quem é o agente que evapora água para reiniciar o ciclo?

1.7 Roteiro da aula 07

Olá, na aula passada vimos que a convecção é a forma da energia se propagar nos fluidos, por causa da diferença de densidade de partes do próprio fluido, a diferença de temperatura é também responsável pelas trocas de calor entre ambientes de modo espontâneo, o subir e descer de porções de massas quentes e frias de um mesmo material, permite as trocas que fazem surgir as brisas litorâneas, parte desse conhecimento será mais bem explicado na próxima aula, uma propriedade das substâncias puras, o calor específico.

Por hora finalizaremos o assunto de propagação de calor, pelo fenômeno da radiação. A propagação do calor por radiação é devida principalmente as ondas eletromagnéticas na faixa do infravermelho, mas todo corpo que possui temperatura acima do zero absoluto emite calor por radiação, a radiação eletromagnética se transporta inclusive no vácuo, e é desta forma que o Sol transmite energia para o planeta em que vivemos. Mas já que as ondas eletromagnéticas são o foco da nossa observação, vale lembrar que as ondas ao atingirem uma superfície, elas podem sofrer Reflexão, ao atingirem principalmente superfícies espelhadas. Absorção, no caso de superfície escuras e Refração em superfícies predominantemente transparentes.

Um fenômeno importante para a manutenção da vida na Terra, é o efeito estufa, que ocorre quando as ondas de calor emitidas pelo sol, penetram a nossa atmosfera, sofrendo refrações internas que são por sua vez responsáveis por fazer com que o calor fique retido na superfície do planeta.

Estima-se que se esse fenômeno não existisse, a temperatura ambiente da Terra diminuiria em torno de 30°C , imagine agora uma temperatura ambiente 30° mais baixa do que a que temos, o efeito indesejável deste fenômeno que aumenta demais a temperatura e é decorrente, por exemplo da poluição do ar, pode ser mais bem compreendido através de outro exemplo, e é o que ocorre dentro dos automóveis, quando expostos ao sol, a refração da onda eletromagnética, neste caso é responsável por superaquecer este ambiente, assim quando você ouvir falar sobre o efeito estufa, considere os bons e o maus efeitos que ele conduz, levando em conta os conhecimentos da Física necessários para a sua compreensão.

1. 8 Roteiro da aula 08

Na aula passada o tema foi trocas de calor por radiação. O mais importante é você saber que o agente responsável pelo transporte de energia, neste caso, é a onda eletromagnética, que se propaga tanto nos meios materiais quanto no vácuo e, note: elas são as únicas a transportar energia por meio do vácuo.

Por se tratar de uma onda, sofre os fenômenos da reflexão e refração, e esse conhecimento nos permite compreender os fenômenos envolvidos na construção de garrafas térmicas e usina solares, por exemplo, além de associar as ondas eletromagnéticas ao efeito estufa.

Só para lembrar, a reflexão é o fenômeno físico no qual a onda, ao encontrar uma barreira, altera a direção ou sentido de propagação, mas continua no mesmo meio. Isso é importante porque a velocidade de propagação de uma onda depende do meio, assim, na reflexão a velocidade da onda permanece constante. Já, na refração, ao incidir numa fronteira de separação entre dois meios diferentes, a onda passa para o outro meio. Isso implica que sua velocidade muda, porque muda o meio de propagação.

O tema de hoje é calorimetria, primeiro você precisa saber a definição de capacidade térmica – ler o primeiro texto do slide.

Matematicamente, a capacidade térmica, representada pela letra C maiúscula, é a razão entre a quantidade de calor e a variação da temperatura. A capacidade térmica de duas colheres constituídas de substâncias diferentes: uma de metal e outra de madeira, é diferente, pois o material vai influenciar na capacidade de cada uma. Se fossem do mesmo material, mas de tamanhos diferentes, isso seria importante considerar, pois o tamanho está relacionado a massas diferentes. Isso vai nos exigir olhar para uma outra grandeza física, que relacione a capacidade à massa.

O calor específico é a quantidade de calor necessário para variar de 1°C , um grama de substância. É dado pela relação entre Capacidade e massa. Se você comparar essa relação com aquela mostrada anteriormente, Capacidade térmica igual a Q sobre Delta T, vai chegar à outra grandeza física, a quantidade de calor Q, que é o produto entre massa, calor específico e variação de temperatura. Leia as unidades do calor específico.

Veja que o calor específico depende das substâncias puras, diferente da capacidade térmica que pode ser associada a corpos, constituídos, inclusive, de mais de um material.

O calor específico é propriedade da substância, e a tabela mostra alguns desses valores, relacionados às substâncias diferentes. Compare os valores do calor específico da água e do aço. Se considerar a mesma quantidade dos dois, o calor específico da água, uma caloria por grama grau Celsius é dez vezes maior que o do aço, que é somente 0,10 cal/g·C. Isso significa dizer que a água precisa de 10 vezes mais energia do que o aço para sofrer a mesma variação de temperatura.

Note que, quando se trata de calor sensível, é implícito que há variação de temperatura e, mais, se a variação de temperatura for positiva, ou seja, se a temperatura final for maior que a inicial, significa que o corpo recebeu energia, e aí a quantidade de calor é também positiva.

Se, ao contrário, a variação de temperatura for negativa, ou seja, se a temperatura final for menor que a inicial, o corpo perdeu energia e a quantidade de calor relacionada será negativa.

1.9 Roteiro da aula 09

Na aula passada iniciamos o estudo da calorimetria, pela definição de capacidade térmica, que é uma grandeza física associada aos corpos e às substâncias puras, como sendo a razão entre a quantidade de calor e a variação da temperatura que essa quantidade promove, ao ser absorvida ou cedida por um sistema.

Já o calor específico é exclusividade das substâncias, e representa a quantidade de calor necessária para variar de 1°C, um grama do material. É dado pela relação entre capacidade térmica e a massa. Por fim, chegamos à expressão da quantidade de calor sensível Q , que é o produto entre massa, calor específico e variação de temperatura.

Nem toda quantidade de calor recebida ou cedida por um sistema é sensível. Isso significa dizer que nem sempre, ao receber ou ceder calor, a temperatura de um sistema varia, e é disso que trataremos hoje: do calor latente. Ele está relacionado à quantidade de calor necessária para promover mudança no estado físico de agregação das partículas de um sistema. O quadro a seguir mostra essas relações.

O processo de Fusão é a passagem do estado sólido para o estado líquido, enquanto o inverso denomina-se Solidificação. Do estado líquido para o de vapor tem-se a Vaporização, enquanto, de vapor para líquido, tem-se a Liquefação ou Condensação.

Se a substância passar direto do estado sólido para o de vapor, ou o contrário, do vapor para o sólido, o nome que se dá é o mesmo, ou seja, Sublimação.

Como vimos, o ponto de solidificação, ou congelamento da água, assim como o ponto de ebulição que, a uma atmosfera, ocorre nas temperaturas de 0 e 100 °C, respectivamente, são conhecidos por pontos fixos. Essa denominação, fixo, deve-se ao fato de que durante os processos de mudança de estado a temperatura em que essas mudanças acontecem permanecem inalteradas, ou seja, não ocorre variação de temperatura.

Assim como o calor específico de uma substância é a constante relacionada à variação de temperatura, o calor latente é a constante relacionada à mudança de estado. A equação é:

$$Q = m \cdot L \quad (23)$$

e as unidades são, no SI, o Joule por quilograma, e a usual caloria por grama. A tabela a seguir mostra os calores latentes de fusão e vaporização para algumas substâncias.

2. Listas de exercícios

2.1 Lista de exercícios 01

1. Sobre os conhecimentos que você possui sobre a temperatura, assinale a alternativa correta.

- f) A temperatura é uma grandeza física que não pode ser medida.
- g) Temperatura é energia térmica em trânsito.
- h) Temperatura é a grandeza física que mede o grau de agitação molecular.
- i) Quanto mais as moléculas de um corpo se agitam, menor a sua temperatura.
- j) Quente e frio não são sensações fisiológicas relacionadas a temperatura.

2. Quando uma enfermeira coloca um termômetro clínico de mercúrio embaixo do braço de um paciente, por exemplo, ela sempre aguarda algum tempo antes de fazer a sua leitura. Esse intervalo de tempo é necessário

- f) para que o termômetro entre em equilíbrio térmico com o corpo do paciente.
- g) para que o mercúrio, que é muito pesado, possa subir pelo tubo capilar.
- h) devido à diferença entre os valores do calor específico do mercúrio e do corpo humano.

- i) porque o coeficiente de dilatação do vidro é diferente do coeficiente de dilatação do mercúrio
 - j) devido o termômetro ser um instrumento ineficiente para medir a temperatura
3. O que acontece com as moléculas de uma substância, quando esta é aquecida?
- f) Ficam mais agitadas e afastadas umas das outras
 - g) Ficam mais agitadas e unidas umas das outras.
 - h) Ficam mais lentas e afastadas umas das outras.
 - i) Ficam mais lentas e unidas umas das outras.
 - j) Ficam completamente paradas.
4. Transferência de energia de um corpo a outro devido à diferença de temperatura entre eles.” Esta é a definição de
- f) Força.
 - g) Temperatura.
 - h) Corrente elétrica.
 - i) Calor.
 - j) Trabalho.
5. Como chamamos a transferência de calor de um corpo quente para um corpo frio, até que os dois estejam na mesma temperatura?
- f) Dilatação térmica.
 - g) Equilíbrio térmico.
 - h) Sensação fisiológica.
 - i) Termologia.
 - j) Sensação térmica.

2.2 Lista de exercícios 02

1. Lorde Kelvin estabeleceu uma associação entre a energia de agitação das moléculas de um sistema e a sua temperatura. Deduziu que a uma temperatura de $-273,15^{\circ}\text{C}$, também chamada de zero absoluto, seria a menor temperatura possível. A respeito do zero absoluto é correto afirmar.
- f) Com o avanço da tecnologia é bastante provável que os cientistas consigam em seus laboratórios realizar experimentos com temperatura igual ao zero absoluto.
 - g) Apenas micróbios e bactérias muito resistentes conseguiriam sobreviver a esta temperatura.
 - h) A movimentação molecular de um corpo a 0°C é igual a de um corpo no zero absoluto.
 - i) A energia cinética (de movimento) das moléculas de um corpo no zero absoluto é nula.
 - j) No zero absoluto a entropia de um sistema é máxima.

2. Um aluno utiliza simultaneamente dois termômetros clínicos idênticos para efetuar a medida da temperatura de um corpo. Entretanto um termômetro está graduado na escala Celsius e outro na escala fahrenheit. Nessas condições, pode-se afirmar que:

- f) as alturas das colunas de mercúrio serão diferentes, quando os termômetros entrarem em equilíbrio térmico com o corpo.
- g) as alturas das colunas de mercúrio serão iguais, entretanto com valor numérico diferente.
- h) apenas um dos dois termômetros marcará a temperatura correta.
- i) o valor numérico marcado no termômetro graduado em Celsius será maior que a do termômetro graduado em Fahrenheit.
- j) as alturas das colunas de mercúrio serão iguais e o valor numérico da temperatura também.

3. Sobre os pontos fixos fundamentais, a temperatura de 100 °C possui a mesma equivalência na escala Fahrenheit, em qual das alternativas abaixo.

- f) 212 °F.
- g) 100 °F.
- h) 373 °F.
- i) 32 °F.
- j) 0 °C.

4. **(g1 – CPS 2012)** Em algumas cidades brasileiras encontramos, em vias de grande circulação, termômetros que indicam a temperatura local medida na escala Celsius. Por causa dos jogos da copa, no Brasil, os termômetros deverão passar por modificações que permitam a informação da temperatura também na escala fahrenheit, utilizada por alguns países. Portanto, após essa adaptação, um desses termômetros que indique, por exemplo, 25°C também apontará a temperatura de:

- f) 44 °F.
- g) 58 °F
- h) 64 °F.
- i) 77 °F.
- j) 86 °F.

2.3 Lista de exercícios 03

1) Se uma substância qualquer elevar sua temperatura em 20° na escala Celsius, assinale a alternativa correspondente a mesma variação na escala Kelvin.

- f) 20 K.
- g) 293 K.
- h) 36 K.
- i) 98 K.
- j) NDA (nenhuma das alternativas).

2) Quando se deseja realizar experimentos a baixas temperaturas, é muito comum a utilização de nitrogênio líquido como refrigerante, pois seu ponto normal de ebulição é de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Na escala Kelvin, esta temperatura vale:

- f) 100 K .
- g) 77 K .
- h) 196 K .
- i) 273 K .
- j) 469 K .

3) **(UEGO- GO)** Uma senhora, com um filho hospitalizado, vem chorando pela rua e para alguém, ao acaso, suplicando-lhe que explique as estranhas palavras do médico sobre o estado de seu filho: “Minha senhora, a temperatura corporal de seu filho sofreu uma variação de $+2\text{ K}$ ”.

Considerando o que foi dito pelo médico, qual seria a resposta correta para se dar a essa mãe desesperada?

- f) “A temperatura corporal de seu filho aumentou ou diminuiu $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.
- g) “O seu filho sofreu uma variação de temperatura de $-271\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.
- h) “A temperatura corporal de seu filho é de $99\text{ }^{\circ}\text{F}$ ”.
- i) “A temperatura corporal de seu filho aumentou $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.
- j) “O seu filho sofreu uma variação de temperatura de $+275\text{ }^{\circ}\text{C}$ ”.

4) Uma variação de temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ na escala Fahrenheit corresponde a:

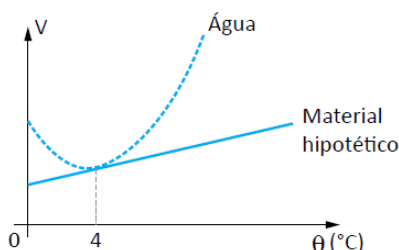
- f) $112\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- g) $212\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- h) $132\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- i) $180\text{ }^{\circ}\text{F}$.
- j) $68\text{ }^{\circ}\text{F}$.

2.4 Lista de exercícios 04

1. Sabendo que o coeficiente de dilatação linear do ferro é 1.10^{-5} , determine o coeficiente de dilatação superficial.

- f) $4.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- g) $0,48.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- h) $2,4.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- i) $4,8.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.
- j) $2.10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$.

2. (UFPEL-RS) – A água, substância fundamental para a vida no planeta, apresenta um comportamento anômalo. Suponha que um recipiente, feito com um determinado material hipotético, se encontre completamente cheio de água a 4 °C. No gráfico a seguir temos o comportamento dos volumes, em função da temperatura, para o material hipotético e para a água.



De acordo com o gráfico e seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- f) apenas a diminuição de temperatura fará com que a água transborde do recipiente.
- g) qualquer variação de temperatura fará com que a água transborde do recipiente
- h) tanto o aumento de temperatura quanto sua diminuição não provocarão transbordamento da água do recipiente.
- i) a água não transbordará do recipiente, com um aumento de temperatura, somente se o coeficiente de dilatação volumétrica da água for maior que o do recipiente
- j) a água transbordará do recipiente somente para temperaturas negativas.

3.(PUC-SP) – O tanque de álcool de 45 L de um automóvel é preenchido completamente pelo motorista numa noite fria (5 °C). Em seguida, o motorista guarda o veículo na garagem. Se a temperatura ambiente da manhã seguinte for de 25 °C, quanto álcool terá vazado do tanque pelo “ladrão”? Dados: despreze a dilatação do tanque. Coeficiente de dilatação do álcool etílico: $\gamma = 1,12 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

- f) 0,5 L.
- g) 2 L.
- h) 1 L.
- i) 4L.
- j) 250 ml.

4. UFF-RJ – Uma placa de dimensões 10 cm x 20 cm x 0,5 cm tem em seu centro um furo cujo diâmetro é igual a 1,00 cm quando a placa está à temperatura de 20 °C. O coeficiente de dilatação linear do metal da placa é $20 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. Quando a temperatura é de 520 °C, a área do furo:

- f) Aumenta 1%.
- g) Aumenta 2%.
- h) Diminui 1%.
- i) Diminui 2%.
- j) Não se altera.

2.5 Lista de exercícios 05

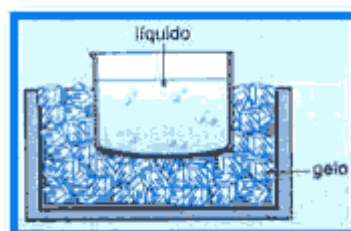
1. Sabe-se que calor é uma grandeza física que pode ser medida, e por este modo o sistema internacional de unidades e medidas estabelece o joule (J) como unidade padrão de calor, entretanto, usualmente utiliza-se a caloria para mensurar a energia térmica que transita entre corpos de diferentes temperaturas. De posse dessas informações e de seus conhecimentos sobre a equivalência entre unidades, assinale a alternativa que indica quantos joules equivalem a 10 calorias.

- f) 4,2 J.
- g) 1 J.
- h) $1 \cdot 10^3$ J.
- i) 42 J.
- j) 100 J.

2. Uma carteira escolar é construída com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda, embora todo o conjunto esteja em equilíbrio térmico:

- f) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor.
- g) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor
- h) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro.
- i) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira.
- j) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a madeira conduz melhor o calor.

3. (UFES) Para resfriar um líquido, é comum colocar a vasilha que o contém dentro de um recipiente com gelo, conforme a figura. Para que o resfriamento seja mais rápido, é conveniente que a vasilha seja metálica, em vez de ser de vidro, porque o metal apresenta, em relação ao vidro, um maior valor de:



- f) Calor específico.
- g) Condutividade térmica.
- h) Coeficiente de dilatação térmica.

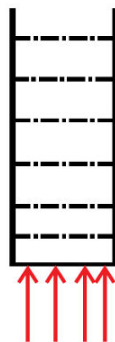
- i) Energia interna.
- j) Calor latente de fusão.

4. Uma garrafa térmica tem paredes prateadas e duplas com vácuo no espaço intermediário. A vantagem de se fabricarem garrafas térmicas assim é porque:

- f) O vácuo facilita as trocas de calor do interior da garrafa com o ambiente.
- g) As paredes prateadas servem para deixar a garrafa mais bonita por dentro.
- h) O vácuo não possibilita as trocas de calor por condução.
- i) A constante de condutibilidade térmica do vácuo é muito alta.
- j) As paredes espelhadas servem para evitar as trocas de calor por convecção.

2.6 Lista de exercícios 06

1) **(UFSCar-SP)** Um recipiente cilíndrico de vidro tem área da base relativamente pequena se comparada com a sua altura. Ele contém água, à temperatura ambiente, até quase a sua borda. A seguir, ele é colocado sobre a chama de um fogão, como ilustra a figura.



A transmissão do calor através das moléculas da água, durante seu aquecimento, ocorre apenas por:

- f) Condução.
- g) Convecção.
- h) Irradiação.
- i) Condução e Convecção.
- j) Convecção e Irradiação.

2. **(UEA-AM)** Devido ao forte calor em Manaus, é comum a instalação de aparelhos de ar condicionado, principalmente em locais públicos fechados. O ar resfriado por esses aparelhos troca calor com o ambiente interno, principalmente por:

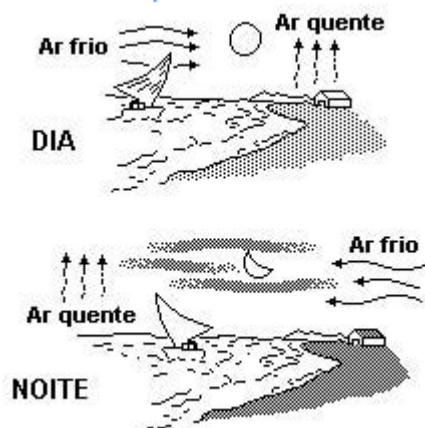
- f) Convecção e esse processo necessita de um meio material para realizar-se.
- g) Convecção e esse processo ocorre nos meios materiais e no vácuo.
- h) Irradiação e esse processo não ocorre nos meios materiais e no vácuo.
- i) Condução e esse processo depende da umidade do ar, que é um meio material.

j) Condução e esse processo não ocorre nos meios materiais e no vácuo.

3. Marque a alternativa correta a respeito do fenômeno da convecção.

- f) A convecção é caracterizada pela passagem de calor de molécula a molécula de um material.
- g) Esse fenômeno é o único responsável pela ocorrência do efeito estufa.
- h) Esse fenômeno é caracterizado pelo transporte de calor através das ondas eletromagnéticas.
- i) A convecção pode ser definida como o transporte de massa motivado por variações de densidade e temperatura.
- j) A convecção ocorre em qualquer tipo de material.

4. Durante o dia, o ar próximo à areia da praia se aquece mais rapidamente do que o ar próximo à superfície do mar. Desta forma o ar aquecido do continente sobe e o ar mais frio do mar desloca-se para o continente, formando a brisa marítima. À noite, o ar sobre o oceano permanece aquecido mais tempo do que o ar sobre o continente, e o processo se inverte. Ocorre então a brisa terrestre.



Dentre as alternativas a seguir, indique a que explica, corretamente, o fenômeno apresentado.

- f) É um exemplo de convecção térmica e ocorre pelo fato de a água ter um calor específico maior do que a areia. Desta forma, a temperatura da areia se altera mais rapidamente.
- g) É um exemplo de condução térmica e ocorre pelo fato de a areia e a água serem bons condutores térmicos. Desta forma, o calor se dissipa rapidamente.
- h) É um exemplo de irradiação térmica e ocorre pelo fato de a areia e a água serem bons condutores térmicos. Desta forma, o calor se dissipa rapidamente.
- i) É um exemplo de convecção térmica e ocorre pelo fato de a água ter um calor específico menor do que a areia. Desta forma, a temperatura da areia se altera mais rapidamente.
- j) É um processo de estabelecimento do equilíbrio térmico e ocorre pelo fato de a água ter uma capacidade térmica desprezível.

2.7 Lista de exercícios 07

1. (PUC-SP 88) Uma garrafa térmica é espelhada internamente e isolada de suas paredes externas para impedir que o calor se propague, respectivamente por:

- f) Irradiação e condução.
- g) Condução e irradiação.
- h) Condução e convecção.
- i) Irradiação e convecção.
- j) Convecção e condução.

2. O mecanismo através do qual ocorre a perda de calor de um objeto é dependente do meio no qual o objeto está inserido. No vácuo, podemos dizer que a perda de calor se dá por:

- f) Condução.
- g) Convecção.
- h) Radiação.
- i) Condução e Convecção.
- j) Convecção e Radiação.

3. O efeito estufa, segundo as teorias mais aceitas pela comunidade científica, vem contribuindo para a elevação média das temperaturas no planeta. Esse fenômeno é um processo:

- e) Natural, após ondas de calor emitidas pelo sol sofrerem refração ao penetrar a atmosfera terrestre, porém intensificado pela ação humana.
- f) Artificial, ou seja, resultado direto da interferência humana sobre o meio ambiente.
- g) Recente, não havendo registros de sua existência em épocas geológicas antigas.
- h) Natural, apesar de o Sol emitir calor na forma de radiação para o nosso planeta, a potencialização desse fenômeno não tem relação com a ação humana.

4. Selecione a alternativa que supre as omissões das afirmações seguintes:

I - Calor do sol chega até nós por

II - Superfícies espelhadas possuem a capacidade deondas eletromagnéticas.

III – Corpos que possuem temperatura acima de emitem calor por radiação.

- f) Radiação - Refletir – Zero grau Celsius.
- g) Convecção - Refratar – Cem graus Celsius.
- h) Radiação - Refletir – Zero grau Kelvin.
- i) Convecção - Refratar - Zero grau Kelvin.
- j) Condução - Refletir – Zero grau Fahrenheit.

2.8 Lista de exercícios 08

1. A respeito dos conceitos de capacidade térmica e calor específico, marque a alternativa correta:

- e) A capacidade térmica refere-se à substância, enquanto o calor específico depende da quantidade de substância existente.
 - f) O calor específico é a quantidade de calor necessária para que 1 g da substância altere a sua temperatura em 1 °C.
 - g) O calor específico é fruto da razão entre a quantidade de calor recebida por um corpo e o tempo gasto na troca de energia.
 - h) Capacidade térmica e calor específico são sinônimos
2. Em uma manhã de céu azul, um banhista na praia observa que a areia está muito quente e a água do mar está muito fria. À noite, esse mesmo banhista observa que a areia da praia está fria e a água do mar está morna. O fenômeno observado deve-se ao fato de que:
- f) a densidade da água do mar é menor que a da areia.
 - g) o calor específico da areia é menor que o calor específico da água.
 - h) o coeficiente de dilatação térmica da água é maior que o coeficiente de dilatação térmica da areia.
 - i) o calor contido na areia, à noite, propaga-se para a água do mar.
 - j) a agitação da água do mar retarda seu resfriamento.
3. Em um laboratório de Física, uma amostra de 20 g de cobre recebeu 186 cal de calor de uma determinada fonte térmica. Sabendo que o calor específico do cobre é 0,093 cal/g · °C, determine a variação de temperatura sofrida pela amostra.
- f) 50 °C
 - g) 100 °C
 - h) 105 °C
 - i) 200 °C
 - j) 250 °C
4. Para aquecer 500 g de certa substância de 20 °C para 70 °C, foram necessárias 4000 calorias. A capacidade térmica e o calor específico valem respectivamente:
- f) 8 cal/ °C e 0,08 cal/g · °C
 - g) 80 cal/ °C e 0,16 cal/g · °C
 - h) 90 cal/ °C e 0,09 cal/g · °C
 - i) 95 cal/ °C e 0,15 cal/g · °C
 - j) 120 cal/ °C e 0,12 cal/g · °C

2.9 Lista de exercícios 09

1. (FACIMPA – MG) Observe:

- I – Uma pedra de naftalina deixada no armário;
 - II – Uma vasilha de água deixada no freezer;
 - III- Uma vasilha de água deixada no fogo;
 - IV – O derretimento de um pedaço de chumbo quando aquecido;
- Nesses fatos estão relacionados corretamente os seguintes fenômenos:

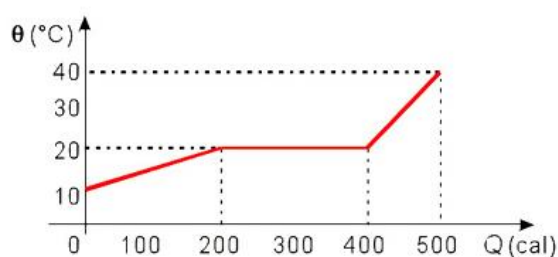
- f) I. Sublimação; II. Solidificação; III. Vaporização; IV. Fusão.
- g) I. Sublimação; II. Sublimação; III. Evaporação; IV. Solidificação.

- h) I. Fusão; II. Sublimação; III. Evaporação; IV. Solidificação.
- i) I. Evaporação; II. Solidificação; III. Fusão; IV. Sublimação.
- j) I. Evaporação; II. Sublimação; III. Fusão; IV. Solidificação

2. Qual a diferença entre Calor Sensível e Calor Latente.

R: _____

3. (UEPG–PR) O diagrama abaixo representa a curva de aquecimento de 20 gramas de uma substância inicialmente no estado líquido.



O calor latente de vaporização da substância é:

- f) 10 cal/g
- g) 20 cal/g
- h) 25 cal/g
- i) 30 cal/g
- j) 40 cal/g

4. (UNIEVANGÉLICA-GO) Leia o texto a seguir.

Black (1935) discute um conceito que envolve a transição de fase, na qual há uma liberação ou absorção de calor que não envolve variações na temperatura mensuráveis pelo termômetro. Zanolletto, Marcelo. *Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do ensino superior. Ciênc. Educ. (Bauru) [online]*, v. 17, n. 4, p. 992, 2011

O texto descreve o calor:

- f) Molar.
- g) Sensível.
- h) Latente.
- i) Específico
- j) Alimentar.

A seguir estão apresentadas as aulas na forma em que aparecem para os estudantes, nos vídeos disponibilizados antes das aulas.

Cada aula inicia-se por uma retomada da aula anterior, o que pode ser simplesmente um esquema como o da figura 01, lembrando conteúdos dados e fazendo referência com aqueles que serão vistos na aula que se inicia.

RECAPITULANDO A AULA PASSADA

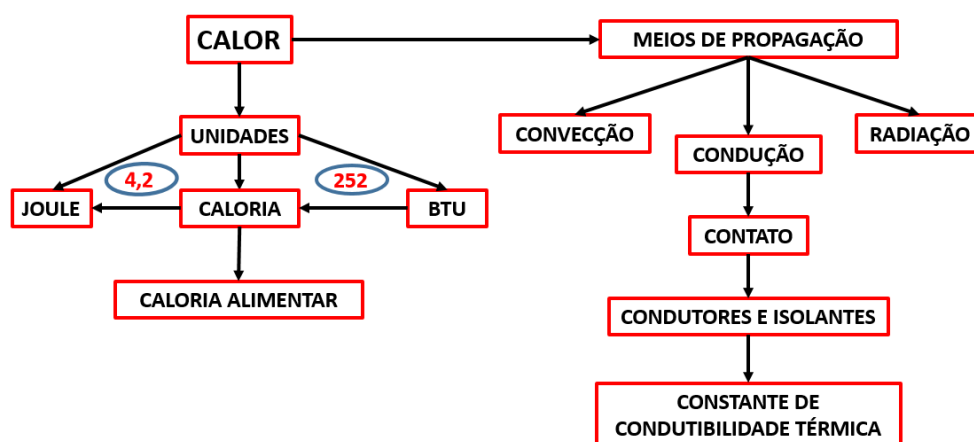


Figura 01: Exemplo de introdução as aulas (Fonte: Autor)

3. O pano de fundo dos Vídeos

3.1 Vídeo 01: Introdução a termologia e calorimetria

O Primeiro Vídeo traz uma abordagem puramente construtiva sobre os objetos de estudo da Termologia e da Calorimetria, dando ênfase nos conceitos e aplicações de Temperatura e Calor.

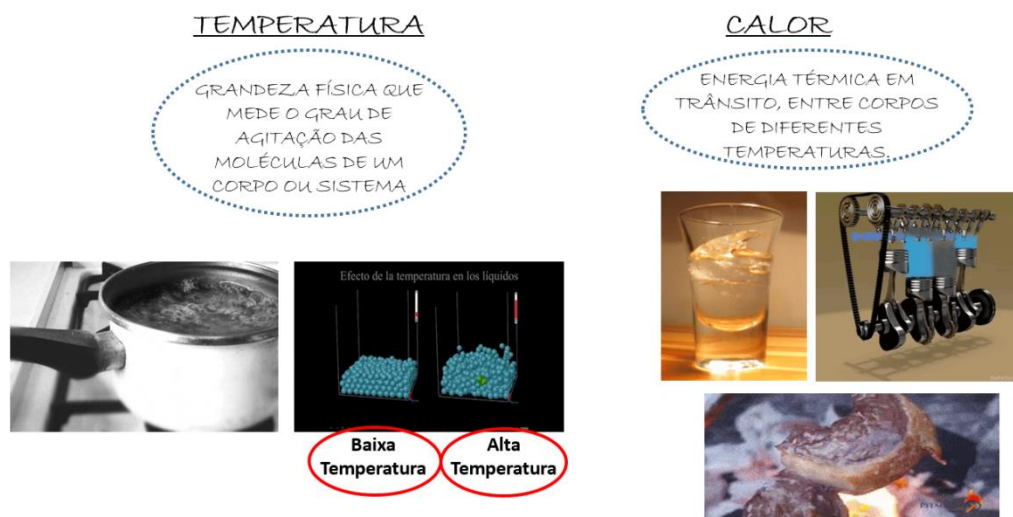


Figura 02: Interface do vídeo 01 (Fonte: Autor)

Nesta aula trabalha-se a definição de grandeza física, com o objetivo de demonstrar que Calor e Temperatura são passíveis de medida, assim como Comprimento, Massa e Velocidade, e também é demonstrado o ponto de ruptura entre ciência e senso comum esclarecendo que sensações fisiológicas não são relacionadas a grandeza física Calor e sim a Temperatura.

3.2 Vídeo 02: Termômetros e escalas Termométricas

O Segundo Vídeo fala do Termômetro e de Escalas Termométricas. Esta aula mostra todos os componentes de um termômetro clínico (Bulbo, Capilar, Líquido Termométrico e Escala Termométrica) ressaltando que seu funcionamento se dá através da dilatação térmica volumétrica do mercúrio ou do álcool, com a variação da Temperatura. Após isso é feita uma abordagem acerca da importância das escalas termométricas, atribuindo a elas o papel de associar valores numéricos a medidas de temperatura.

É de grande importância destacar no vídeo que existem diferentes escalas termométricas, e que um termômetro graduado em duas escalas distintas consecutivamente, mede a mesma temperatura, entretanto esta leitura é expressa através de numerais diferentes, devido aos parâmetros utilizados para elaborar e construir cada escala.



Figura 03: Interface do vídeo 02 (Fonte: Autor)

Em seguida é apresentado aos discentes a importância dos pontos fixos fundamentais para a elaboração da relação de proporcionalidade matemática entre as variações de temperatura em diferentes escalas, e se apropriando dos pontos fixos fundamentais das escalas Celsius e Fahrenheit chegam-se na equação

$$\frac{TC}{5} = \frac{TF - 32}{9} \quad (1)$$

Onde:

TC = Temperatura em Celsius

TF = Temperatura em Fahrenheit

Mostrar a proporcionalidade entre as escalas traz a preocupação de utilizar corretamente os conceitos de Geometria para fundamentar a forma de fazer da Física.

3.3 Vídeo 03: Escalas Termométricas

O Terceiro Vídeo é continuidade do segundo. Foi optado em dividir este conteúdo em dois momentos, para não tornar a aula muito extensa, entretanto ambos compartilham do mesmo objetivo, usar a proporcionalidade geométrica para oferecer autonomia aos estudantes, para relacionar quaisquer escalas termométricas, e também garante que a Física compartilhe com a Matemática o papel de ensinar a trabalhar com as quatro operações básicas que envolvem, adição, subtração, multiplicação e divisão com números naturais, inteiros e reais, o que envolve números decimais e fracionários.

RELAÇÃO CELSIUS-FAHRENHEIT-KELVIN

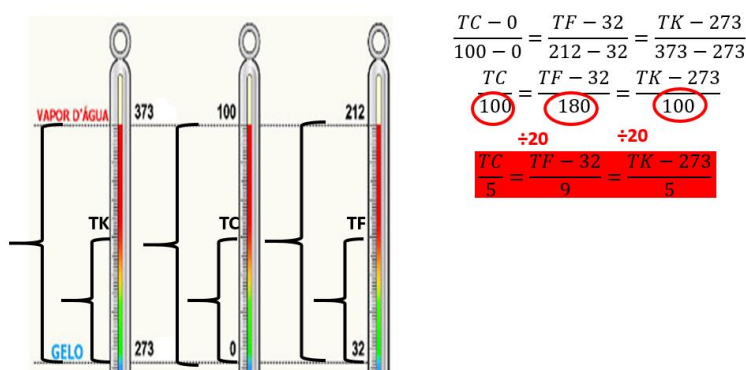


Figura 04: Relação entre escalas, demonstrada no vídeo 03 (Fonte: Autor)

Então, de posse dos pontos fixos das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, e utilizando a proporcionalidade geométrica, chega-se nas equações:

$$TC = TK - 273 \quad (2)$$

$$\frac{TC}{5} = \frac{TF - 32}{9} = \frac{TK - 273}{5} \quad (3)$$

Onde:

TC = Temperatura em Celsius

TF = Temperatura em Fahrenheit

TK = Temperatura em Kelvin

Vale destacar que nesta aula, foi trabalhada a quantidade de pontos entre os fixos fundamentais das escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin e que através destes pontos se estabelece uma relação entre as variações de temperatura nas 3 escalas, utilizando os mesmos parâmetros adotados nas equações (1), (2) e (3), além de acentuar a existência

de temperaturas negativas nas escalas Celsius e Fahrenheit, diferentemente da escala Kelvin que possui seu início no zero, conhecido também como zero absoluto.

3.4 Vídeo 04: Dilatação térmica

O Quarto Vídeo aborda a Dilatação Térmica, em uma, duas e três dimensões. Neste vídeo é enfatizado que qualquer substância ou corpo responde ao aquecimento ou resfriamento variando de tamanho. Quando um corpo possui suas dimensões de largura e altura invariantes em relação ao comprimento, a dilatação é denominada de linear e sua relação matemática é expressa através da equação.

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T \quad (4)$$

Onde:

ΔL = Variação de Comprimento (m)

L_0 = Comprimento inicial (m)

α = Constante de Dilatação Linear do Material ($1/^\circ\text{C}$)

ΔT = Variação de Temperatura ($^\circ\text{C}$)

Entretanto, um corpo quando sujeito a uma variação de temperatura, pode ter apenas uma dimensão invariante em relação às outras duas, Altura e Largura, por exemplo, neste caso a dilatação acontece em uma área ou superfície o que acarreta uma dilatação superficial, cuja relação matemática é bastante similar a Equação 4.

$$\Delta A = A_0 \cdot 2\alpha \cdot \Delta T \quad (5)$$

Onde:

ΔA = variação de área (m^2)

A_0 = Área inicial (m^2)

2α = Também denominado de β , é a Constante de dilatação de Área ($1/^\circ\text{C}$)

E por fim chega-se à dilatação volumétrica, que ocorre quando todas as dimensões de um corpo se alteram em função da variação de temperatura.

$$\Delta V = V_0 \cdot 3\alpha \cdot \Delta T \quad (6)$$

Onde:

ΔV = Variação de volume (m^3)

V_0 = Volume inicial (m^3)

3α = Também denominado de γ , é a constante de dilatação de volume ($1/^\circ\text{C}$)

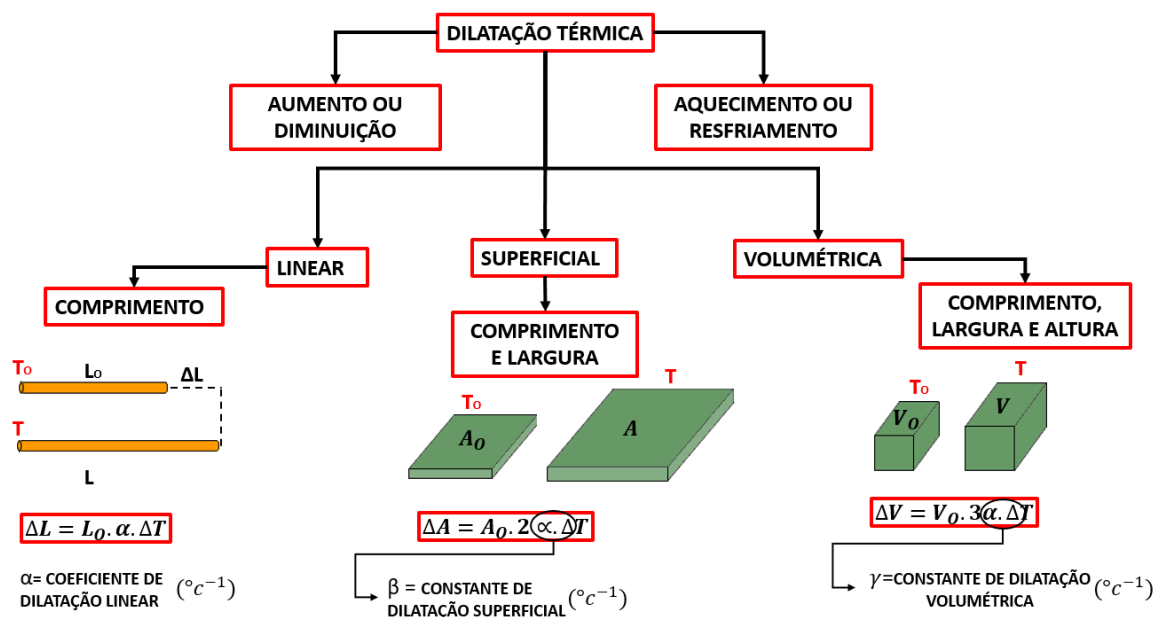


Figura 05: Mapa conceitual abordando o conteúdo de dilatação térmica (Fonte: Autor)

Este vídeo proporciona aos aprendizes a possibilidade de associar tais relações físicas com situações cotidianas ao abordar de forma objetiva e contextualizada a dilatação térmica em pontes.

3.5 Vídeo 05: Calor e sua propagação e trocas de calor por condução

O Quinto Vídeo é um divisor de águas, pois se inicia o estudo da calorimetria, nele encontraremos a introdução do conteúdo de calor e sua propagação e a troca de calor por condução. As relações entre as unidades usuais e padrão de calor, e a discussão entre a Caloria e a Caloria Alimentar se fazem presentes nesta aula.

A necessidade de haver matéria para ocorrer trocas de calor por condução é salientada nesta aula, juntamente com a influência de sua natureza são fatores determinantes para que se estabeleça uma linha tênue entre o que é condutor e o que é isolante.

CONDUTORES E ISOLANTES

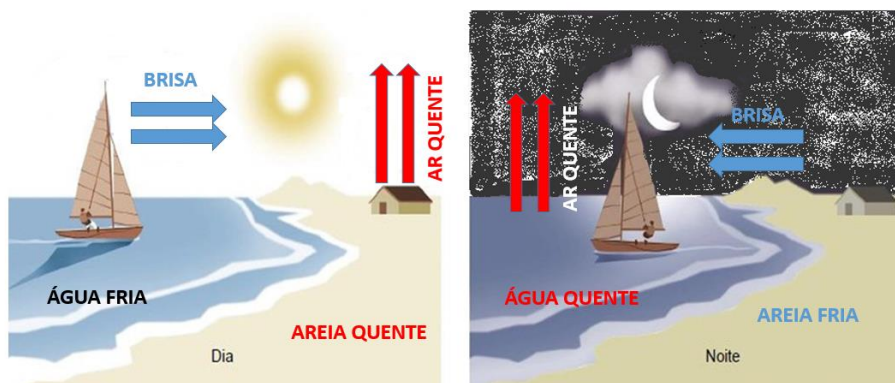


Figura 06: Conteúdo abordado na aula 05 (Fonte: Autor)

3.6 Vídeo 06: Convecção térmica

O Sexto Vídeo aborda a troca de calor através da convecção térmica, trazendo discussões importantíssimas sobre a relação entre Densidade, Volume e Temperatura de fluidos, considerando porções de massa constante e que tais características são responsáveis pela movimentação de massa presente na convecção térmica.

BRISAS



“DURANTE O DIA A BRISA BATE DO MAR PARA A PRAIA”

“DURANTE A NOITE A BRISA BATE DA PRAIA PARA O MAR”

Figura 07: Abordagem feita sobre o Fenômeno das Brisas (Fonte: Autor)

Já de posse de alguns conceitos é apresentado aos estudantes o fenômeno das Brisas Marítimas e Litorâneas e uma reflexão a respeito da dificuldade em definir energia, o que põe os professores e os cientistas, como seres humanos normais, aproximando-os dos cidadãos comuns. Mais ainda, a preocupação do professor em proporcionar aos estudantes uma visão provocativa sobre a mais importante fonte de energia do planeta, o Sol, de modo a vincular todas as outras a ele e, ainda, chamar a atenção para o ciclo da água e a importância em contrastar conhecimentos de outras áreas na formação de significados para a aprendizagem dos estudantes (subsunçores) e encadeamentos para ligar saberes específicos ao grande corpo de conhecimento escolar que o referencial teórico propõe.

3.7 Vídeo 07: Irradiação Térmica

O Sétimo Vídeo, fala da radiação térmica e ressalta que dentre as formas de propagação de calor, esta é a única que se propaga no vácuo pois ocorre através de ondas eletromagnéticas. As explanações acerca dos fenômenos ondulatórios da reflexão e refração se fazem presentes para proporcionar ao aluno maneiras de compreender e interagir com o meio ao seu redor através de associações cotidianas envoltas da radiação térmica, como por exemplo, o porquê de o interior das Garrafas Térmicas serem espelhados ou o porquê o interior dos automóveis atingirem altas temperaturas ao serem expostos ao Sol.

TROCAS DE CALOR POR RADIAÇÃO

“O CALOR SE PROPAGA ATRAVÉS DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS”



Figura 08: interface da aula 07, enfatizando as características de ondas eletromagnéticas (Fonte: Autor)

E, por fim, é realizada uma discussão sobre o efeito estufa e ao seu importante papel para a manutenção da vida na Terra, desmistificando a ideia de que ele seja prejudicial para o nosso planeta.

3.8 Vídeo 08: Capacidade térmica, calor específico e calor sensível

O Oitavo Vídeo, constrói uma associação entre Capacidade Térmica, Calor Sensível e Calor Específico. É importante destacar a presença da demonstração de equações matemáticas para a construção de determinados conceitos.

A Capacidade Térmica (C) é definida através da quantidade de calor que um corpo necessita receber ou ceder para variar sua temperatura e é expressa na relação:

$$C = Q/\Delta T \quad (7)$$

Onde:

Q = Calor (cal)

ΔT = Variação de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Entretanto, em determinado momento do vídeo a capacidade térmica se relaciona com a Massa e neste contexto surge a necessidade de se inserir o conceito de calor específico (c) como sendo um fator que depende exclusivamente da substância e é definido como a quantidade de calor necessário para variar em 1°C , 1 grama da substância.

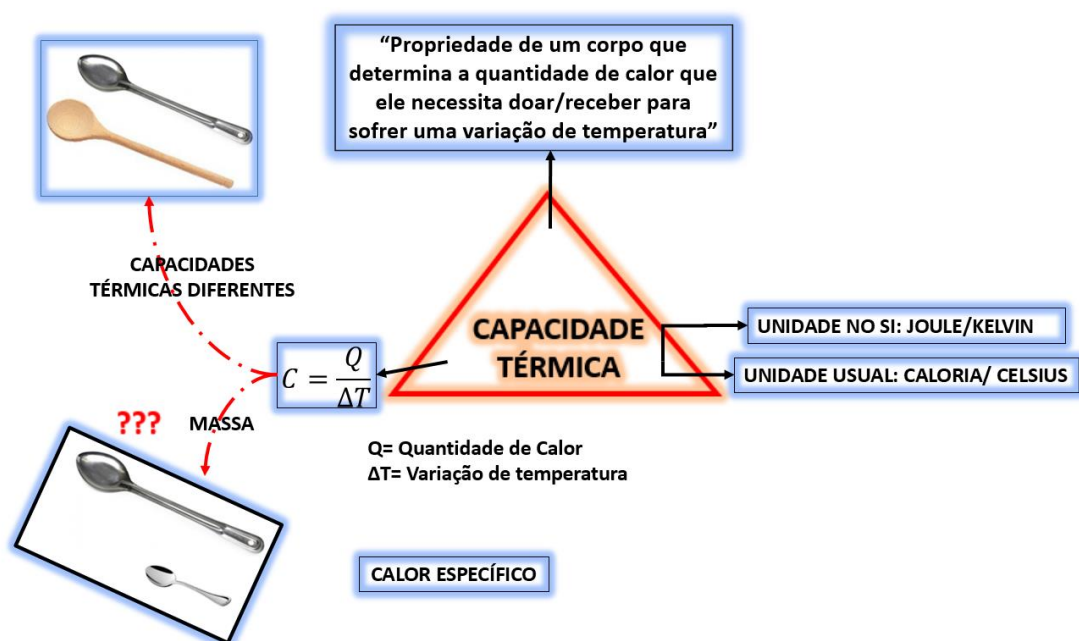


Figura 09: Esquema utilizado para abordar e relacionar capacidade térmica e calor específico (Fonte: Autor)

Estes conceitos servem de subsunçores para a definição de calor sensível, pois ao relacionar Massa (m), Capacidade térmica (C) e Calor Específico (c) temos:

$$c = \frac{C}{m} \quad (8)$$

Colocando C em evidência.

$$C = c \cdot m \quad (9)$$

Substituindo (7) em (9), então:

$$\frac{Q}{\Delta T} = c \cdot m \quad (10)$$

Colocando Q em evidência temos:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (11)$$

Onde Q é definido como o Calor sensível, e é a energia responsável apenas pelas variações de temperatura da matéria.

3.9 Vídeo 09: Calor Latente e mudanças de estado físico

O nono e último vídeo, fala dos estados físicos da matéria e de suas respectivas mudanças de fase (fusão, solidificação, vaporização, condensação e sublimação), enfatizando a necessidade de energia para tais mudanças ocorrerem. Em seguida é introduzido o conceito de calor latente, como uma constante que relaciona a substância com a mudança de estado físico, juntamente com suas respectivas unidades.



Figura 10: esquema utilizado para mostrar as mudanças de estado físico (Fonte: Autor)

Nesta aula é abordado os pontos fixos fundamentais da água, salientado sobre a influência da pressão sobre a determinação destes, e é enfatizado que durante a mudança de estado não existe alteração de temperatura.

4. O endereço dos vídeos

No link a seguir estão contidas as nove pastas contendo, separados por aula, os vídeos, a apresentação em Power Point e as listas de exercícios correspondentes.

https://www.dropbox.com/sh/zyfx5bnw7mv5js7/AAAH7V8DastVIHd3Q_aYONEka?dl=0

Referências Bibliográficas

AUSUBEL, David P. **The acquisition and retention of knowledge**: A cognitive view. 1. New York: Springer, 2000. 226 p.

BERGMANN, Jonathan; SANS, Aaron. **A sala de aula invertida**: Uma metodologia ativa de aprendizagem. Rio de Janeiro: LTC, 2018

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia**: Saberes necessários à prática educativa. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar**: estudos e proposições. 16 ed. São Paulo: Cortez, 2005.

MORAN, J. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, L.; MORAN, J. (Org.). **Metodologias ativas para uma educação inovadora**: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.