

## UMA PROPOSTA PARA VIVENCIAR, NO ENSINO MÉDIO, OS CONCEITOS INICIAIS DE TERMODINÂMICA POR MEIO DE UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA

*A proposal to study the initial concepts of thermodynamics in high school through a potentially significant educational unit*

**Rodrigo Rossi Barbosa** [rodrigo21rossi@gmail.com]

*Professor do Centro de Ensino Charles Darwin  
Mestre em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
MNPEF - Polo 33 - IFES – Campus Cariacica.*

**Luiz Otávio Buffon** [buffon@ifes.edu.br]

*Núcleo de Estruturação do Ensino de Física – NEEF - Coordenadoria de Física  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF - Polo 33 - Instituto Federal de  
Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, IFES – Campus Cariacica, Rod. Gov. José  
Sette, S/N, Itacibá, 29150-410, Cariacica – ES, Brasil.*

*Recebido em: 19/01/2020*

*Aceito em: 19/07/2020*

### Resumo

Este artigo relata a construção, a aplicação em duas turmas de segunda série do ensino médio e a avaliação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o ensino dos conceitos iniciais sobre termodinâmica. Foram abordados os conceitos de temperatura, sua relação com a sensação térmica, calor, energia térmica e os processos de propagação de calor. Esta UEPS consiste no produto educacional resultante de uma dissertação de mestrado profissional em ensino de física e foi organizada em oito encontros, apresentando situações-problemas com graus crescentes de dificuldade, utilizando atividades investigativas durante as quais o professor atuou como um mediador. As atividades foram compostas de um mapa conceitual, experimentos, vídeos e uma simulação computacional. As turmas foram divididas em pequenos grupos e após cada atividade realizada, os alunos discutiram o assunto e responderam questionários posteriormente entregues ao professor. Em vários momentos houve a socialização das respostas dos questionários e o professor, junto com a turma, promoveu discussões. Desta forma, esperava-se ser possível construir ou melhorar um conhecimento já adquirido a partir do que os grupos produziram. De maneira geral, os resultados obtidos neste trabalho foram satisfatórios, e através da análise dos dados coletados conseguimos verificar que houve, para a maioria dos alunos, desenvolvimento conceitual em grande parte do conteúdo e indícios de aprendizagem significativa.

**Palavras-chave:** Termodinâmica, Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), Atividades Investigativas, Experimentos, Vídeos, Simulação, Mapa Conceitual, Aprendizagem Significativa.

## Abstract

This article reports the construction, the application in two classes of second grade of high school and the evaluation of a Potentially Significant Teaching Unit (UEPS) for the teaching of the initial concepts about thermodynamics. The concepts of temperature, its relation with the thermal sensation, heat, thermal energy and the heat propagation processes were addressed. This UEPS consists of the educational product resulting from a professional master's dissertation in physics teaching and was organized in eight meetings, presenting problem situations with increasing degrees of difficulty, using investigative activities during which the teacher acted as a mediator. The activities were composed of a conceptual map, experiments, videos and a computer simulation. The classes were divided into small groups and after each activity carried out, the students discussed the subject and answered questionnaires which were later handed over to the teacher. At various times, the responses to the questionnaires were socialized and the teacher, together with the class, promoted discussions. In this way, it was expected to be possible to build or improve knowledge already acquired from what the groups produced. In general, the results obtained in this work were satisfactory, and through the analysis of the data collected we were able to verify that there was, for most students, conceptual development in most of the content and evidence of significant learning.

**Keywords:** Thermodynamics, Potentially Significant Teaching Unit (UEPS), Investigative Activities, Experiments. Videos, Simulation, Concept Map, Meaningful Learning.

## 1. INTRODUÇÃO

Um dos principais fatores que dificultam a aprendizagem dos conteúdos de Física no ensino médio é a falta de motivação dos estudantes (Custódio et al., 2014), e uma das possíveis causas desse problema pode ser a deficiência no planejamento das aulas pelos professores, caracterizada, muitas vezes, pelo cumprimento automatizado do roteiro de um livro texto ou apostila, sem trabalhar adequadamente os tópicos a serem estudados.

Moreira, Caballero & Rodriguez (1997, p. 02) ressaltam que essa falta de planejamento promove uma aprendizagem mecânica que, na maioria das vezes,

[...] é relacionável à estrutura cognitiva somente de maneira arbitrária e literal que não resulta na aquisição de significados para o sujeito, a aprendizagem é dita mecânica ou automática. A diferença básica entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica está na relacionabilidade à estrutura cognitiva: não arbitrária e substantiva versus arbitrária e literal. Não se trata, pois, de uma dicotomia, mas de um contínuo no qual elas ocupam os extremos.

Uma das formas de evitar que a aprendizagem seja puramente mecânica, consiste no planejamento de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), que tem por objetivo criar uma sequência didática de ensino estimulante e potencialmente significativa para os alunos.

O objetivo deste artigo é relatar o desenvolvimento, a implementação e a avaliação de uma UEPS para o ensino dos conceitos iniciais de termodinâmica em duas turmas da 2ª série do ensino médio, numa escola particular do município de Vitória, no estado do Espírito Santo, aplicada nos meses de fevereiro e março de 2016. Esta UEPS consiste no produto educacional resultante da dissertação de mestrado profissional em ensino de física de Barbosa (2016), cujos objetivos específicos foram:

- Estimular uma atitude proativa dos estudantes durante as aulas de Física, através de atividades em grupo, construção de um mapa conceitual e discussões.
- Utilização de atividades investigativas através de situações-problema.
- Utilização de experimentos, vídeos e de um simulador computacional em investigações.

Ao longo do artigo são apresentadas análises com o intuito de verificar se houveram indícios de aprendizagem significativa de conceitos iniciais de termodinâmica tais como: o conceito de temperatura e sua relação com a sensação térmica, a diferenciação entre temperatura, calor e energia térmica, bem como os processos de propagação de calor.

A Termodinâmica é uma área da física relativamente fácil de ser contextualizada, pois envolve conceitos e leis que experimentamos no dia a dia. Até o século XIX haviam dificuldades quanto ao entendimento do calor como uma forma de energia em trânsito e muitos acreditavam no modelo do calor como uma substância material denominada calórico. Apesar dessa dificuldade histórica já estar superada, muitos alunos do ensino médio, ainda hoje em dia, acabam confundido calor com temperatura e podem ter alguma dificuldade com o assunto quando tem o primeiro contato. Pradella (2014) mostrou a importância de uma UEPS no ensino da termodinâmica.

Souza (2015) informa que o uso de vídeos e simulações, como estratégia do ensino da disciplina de física, não pode ser compreendida como uma substituição aos experimentos reais, mas um mecanismo que tem por finalidade enriquecer os casos desenvolvidos em sala de aula, de maneira que o educador tenha a possibilidade de atrelar práticas experimentais com as atividades embasadas nas simulações virtuais e vídeos.

Nas atividades propostas é muito importante que os alunos tenham tarefas a serem realizadas sem que todas as respostas sejam fornecidas, porém deve-se ficar atento que elas sejam acessíveis ao nível de cada turma. Desta forma, os estudantes poderão se sentir mais estimulados e terão mais entusiasmo durante as aulas (Carvalho, 1999).

Para Santos (2008, p. 10):

Na medida em que nos preocupamos mais em dar respostas do que fazer perguntas, evitaremos que o aluno faça o necessário esforço para aprender. Eis o passaporte para acomodação cognitiva. Dar a resposta é contar o final do filme. Poupa o sofrimento de vivenciar a angústia de imaginar diferentes e possíveis situações de exercitar o modelo de ensaio-e-erro, enfim poupar o aluno do exercício da aprendizagem significativa.

A UEPS abordada neste artigo foi estruturada utilizando-se um mapa conceitual, experimentos, vídeos e uma simulação computacional. Foram realizadas atividades investigativas como instrumento de aprendizagem, onde os estudantes em pequenos grupos observavam os fenômenos, refletiam e discutiam as explicações, e a partir das suas concepções sobre os fenômenos respondiam uma série de questões. Posteriormente, essas respostas foram discutidas entre os alunos em sala de aula. Para acessar os resultados completos ver a dissertação de mestrado de Barbosa (2016), a partir da qual esse artigo foi escrito.

O artigo está estruturado da seguinte forma. Na seção 2, é feita uma revisão do referencial teórico-metodológico sobre a UEPS e sobre atividades investigativas. Na seção 3, é traçado todo o planejamento metodológico da construção e aplicação da UEPS. Na seção 4, é apresentada a coleta e a análise dos dados obtidos e na seção 5 são feitas as conclusões finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

Na base teórica para a construção da UEPS foi dada ênfase a duas teorias que as fundamentam – a Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel (1973), combinada com a Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud (1990).

Segundo Ausubel (1973), a aprendizagem significativa é um processo pelo qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo, que pode ser um símbolo, um conceito, uma proposição, um modelo mental ou uma imagem. Ausubel denominou esse conhecimento prévio de subsunçor ou ideia-âncora como sendo “algo” que ajuda a dar significado ao que é ensinado. O conhecimento prévio é a variável que mais influencia na aprendizagem significativa, que ocorre quando o aluno armazena, de forma organizada, um determinado conjunto de informações, integrando os novos conceitos à sua estrutura cognitiva. Outro fator determinante no processo de ensino-aprendizagem é a predisposição que o aluno tem para aprender e por isso é que é importante a preparação de um material potencialmente significativo.

Nesta abordagem, é importante que o professor se utilize de exemplos contextualizados e vá ampliando o grau de dificuldade gradativamente, para que no momento que a aprendizagem passe a ser significativa, o aprendiz tenha subsunçores o suficiente para ancorar novas informações. Esse processo é denominado de diferenciação progressiva. Quando o aprendiz não dispõe de subsunçores suficientes, costuma-se utilizar os organizadores prévios para introduzir o assunto, podendo ser uma pergunta, uma situação-problema, um vídeo, uma leitura introdutória, ou ser até mesmo uma aula que anteceda uma sequência didática.

A utilização de situações-problema na UEPS propicia ao aluno criar um modelo pessoal sobre o tema abordado. Vergnaud define como campo conceitual: “Um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e provavelmente, entrelaçados durante o processo de aprendizagem” (Moreira, 2002, p. 320). Trabalhar com a perspectiva da Teoria dos Campos Conceituais é fazer com que o sujeito deixe de ser um mero espectador e se torne a principal engrenagem do processo de ensino aprendizagem.

No processo de construção de uma UEPS é necessário criar uma situação inicial onde o aluno externalize seus conhecimentos prévios, o que pode ser feito através de um questionário, um mapa conceitual ou outro instrumento análogo. Ao se propor situações-problema deve-se levar em conta o conhecimento prévio e tais situações precisam dar sentido aos novos conhecimentos que se pretende ensinar. Elas podem envolver uma gama de instrumentos tais como: simulações computacionais, experimentos, vídeos, problemas do cotidiano, reportagens de jornais, etc... Listas de exercícios com simples aplicação de fórmulas não são consideradas boas situações problemas.

O processo de diferenciação progressiva deve sempre iniciar a partir de situações-problemas mais gerais e simples para depois avançar para situações mais específicas e complexas. Essas atividades podem ser colaborativas e realizadas em pequenos grupos. Paralelamente às diferenciações progressivas devem ser realizadas outra importante atividade da UEPS, que são as reconciliações integrativas, onde o professor propõe atividades que levem a uma interação social com negociações de significados para eliminar eventuais divergências ou inconsistências no conteúdo aprendido.

O processo de avaliação da aprendizagem através da UEPS deve ser feito ao longo de sua implementação, registrando tudo que possa ser considerado evidência de aprendizagem significativa do conteúdo. Haverá indícios de aprendizagem significativa se for possível detectar captação de significados, compreensão, capacidade de explicar, de aplicar o conhecimento para resolver

situações-problema. Não será descrito aqui no artigo todo o processo de construção da UEPS, sendo possível encontrar todos os detalhes em Moreira (2011).

O mapa conceitual entra como um instrumento importante na UEPS, podendo ser usado como um método de aprendizagem que mostrará aos alunos, de forma resumida, as relações hierárquicas entre os conceitos ensinados (Moreira, 2006).

Em relação ao uso das atividades investigativas, o laboratório aberto por meio da investigação coloca o aluno como a peça fundamental do processo de ensino-aprendizagem, o retirando da posição passiva e colocando-o proativo. Aulas elaboradas desta forma são desenvolvidas a fim de proporcionar momentos de debates, questionamentos, diálogos, sempre acompanhados de situações problemas, não limitando o aluno a apenas manipular ou observar experimentos (Carvalho, 1999).

Carvalho (1999, p. 48) descreve a importância da mediação do professor em uma atividade na qual o aluno faz parte da construção do conhecimento:

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar ideias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as ideias são respeitadas.

As práticas investigativas podem ser realizadas pelo professor ou pelos estudantes. Quando se utiliza de demonstrações não significa dizer que os alunos não poderão criar suas hipóteses ou participar da construção de um conceito, pelo contrário, se o professor ao realizar a experiência de forma demonstrativa propuser desafios, questionar os estudantes para que o ocorra um conflito de opiniões, essa atividade possui característica investigativa. Azevedo (2004, p. 20) afirma que

É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento.

Neste trabalho, utilizando esses referenciais teóricos e metodológicos, preparamos situações-problemas baseadas em atividades investigativas, com o objetivo de abordar os seguintes tópicos da termodinâmica: diferença entre temperatura e sensação térmica, condutividade térmica, calor específico, diferenciação entre os conceitos de calor, temperatura e energia térmica e as formas de propagação do calor, além de mudanças de estado físico.

### 3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O objetivo geral da UEPS é ensinar conceitos iniciais de termodinâmica, com ênfase na temperatura e no calor, utilizando-se de materiais diversos, adaptados e de baixo custo, tais como experimentos, vídeos, simulações e textos. Já o objetivo da pesquisa relatada nesse artigo é analisar a construção, aplicação e eficácia da UEPS em propiciar uma aprendizagem significativa. Os sujeitos da pesquisa foram duas turmas de segundo ano do ensino médio, a turma K com 30 alunos e a turma L com 20 alunos. Em relação ao conteúdo de termodinâmica, os alunos dessas turmas não tinham previamente estudado o assunto e os únicos conhecimentos que tinham sobre calor e temperatura, eram provenientes de experiências cotidianas e de outras disciplinas.

Os materiais utilizados para a realização das atividades demonstrativas e experimentais, previstas ao longo da sequência, foram de baixo custo, pois a estratégia adotada não era produzir

nenhum tipo de material sofisticado, mas sim de utilizar de materiais disponíveis na *internet* e no dia a dia. Nas atividades investigativas os questionários eram recolhidos ao final dos encontros para posterior análise. As atividades foram realizadas, em sua maioria, sem consulta a livros ou à *internet*.

No quadro 1, a seguir, temos a síntese da proposta didática com as atividades desenvolvidas, onde cada aula teve a duração de 55 minutos.

**Quadro 1:** Resumo dos encontros da UEPS

Encontros	Atividades e objetivos
Encontro 1 (2 aulas)	Diagnóstico dos conhecimentos prévios usando vídeos, perguntas, tempestade de ideias, mapa conceitual e um texto (ver apêndice 1).
Encontro 2 (2 aulas)	Dois experimentos investigativos para diferenciar o conceito de Temperatura da Sensação térmica: Percepção da sensação térmica ao tocar diversos objetos sólidos e Experimento de colocar as mãos nas 3 bacias de água morna, temperatura ambiente e gelada.
Encontro 3 (2 aulas)	Dois experimentos investigativos para diferenciar os conceitos de Temperatura, Quantidade de calor e Energia térmica: Girando e queimando a espuma de aço e Experimento dos recipientes com água e gelo.
Encontro 4 (4 aulas)	Quatro vídeos investigativos para diferenciar os processos de transporte de calor por condução e convecção: Condução de calor em três barras, Condutores em contato com a chama de uma vela, Convecção em líquidos e Convecção do ar.
Encontro 5 (2 aulas)	Simulação computacional investigativa para compreender o processo de transporte de calor por irradiação térmica.
Encontro 6 (2 aulas)	Reconciliação Integradora.
Encontro 7 (2 aulas)	Aplicação individual e sem consulta da Avaliação da UEPS (ver apêndice 2) para verificar a eficácia do material desenvolvido e buscar indícios de que houve aprendizagem significativa.
Encontro 8 (2 aulas)	Aplicação de um questionário de opinião sobre o produto educacional e discussão dos resultados da avaliação final.

Fonte: o autor.

A seguir, apresentaremos mais detalhes sobre a construção e aplicação dos seis primeiros encontros.

**3.1. Encontro 1:** inicialmente foi explicado aos alunos que seria aplicado nas aulas um material didático, vinculado a uma pesquisa de mestrado profissional em ensino de física e entregue para eles o termo de livre participação para ser assinado pelos responsáveis. Este encontro envolveu as seguintes etapas:

**3.1.1. Apresentação dos vídeos sobre calor e temperatura<sup>1</sup>:** os dois vídeos foram utilizados com objetivo motivacional, buscando despertar a curiosidade dos alunos.

**3.1.2. Questionamentos e Tempestade de ideias:** Os alunos foram estimulados, através dos vídeos e situações do dia a dia, a emitirem opiniões sobre calor e frio, temperatura, sensação térmica, propagação do calor e origem do calor. Foram feitas as seguintes perguntas para os alunos refletirem e responderem:

1. Uma pessoa com febre fica quente? Por que ela sente frio?
2. Ao entrar na água do mar na grande Vitória ou Jacaraípe, as pessoas sentem frio? E depois esse frio passa?
3. No balneário de Jacaraípe, Serra/ES, no último domingo foi registrado que a temperatura na areia chegou a 50° C. Os banhistas sentiram muito calor? Ou seja, só posso dizer que existe calor a altas temperaturas?

Salienta-se que nessa primeira abordagem procurou-se não inibir os alunos de expressarem suas opiniões e ideias, que foram escritas no quadro pelo professor à medida que iam surgindo. O objetivo foi descobrir os conhecimentos prévios dos alunos.

**3.1.3. Mapa conceitual:** usando como exemplo um mapa conceitual de mecânica sobre as Leis de Newton (ver apêndice 3), que foi projetado no quadro, foi ensinado aos alunos a construção de mapas conceituais. Em seguida, foi solicitado que, em grupos, os alunos construíssem mapas conceituais sobre calor e temperatura, podendo para isso usar as palavras escritas no quadro durante a atividade anterior. Após terminarem os mapas, os grupos apresentaram para a turma e o professor promoveu as discussões. Este mapa teve o objetivo de ser um organizador prévio. Na turma K tivemos a formação de 6 grupos de 5 alunos e na turma L tivemos 4 grupos de 5 alunos, que se mantiveram os mesmos nos próximos encontros.

**3.1.4. Leitura de texto:** na parte final do encontro os grupos leram o texto do apêndice 1 sobre a história do conceito de calor, responderam às duas questões e realizaram as discussões com a turma. O texto teve o objetivo de ser um organizador prévio.

**3.2. Encontro 2:** Foram propostas aos alunos duas situações-problemas baseadas em experimentos com o objetivo de diferenciar os conceitos de sensação térmica de temperatura e introduzir o conceito de condutividade térmica. Divididos em grupos os alunos realizaram experimentos investigativos, coletaram informações e responderam a questões propostas. Após o término das atividades cada grupo apresentou suas respostas para a sala e o professor promoveu as discussões (ver figura 1). Os experimentos realizados foram:

**3.2.1. Experimento de tocar os objetos de uma sala de aula:** foi solicitado para que os grupos anotassem a sensação térmica dos objetos tocados (maçaneta, madeira, piso...) e também as temperaturas dos mesmos, medidas através de termômetros. O objetivo era que os alunos comesçassem a perceber que materiais diferentes, mesmo estando à mesma temperatura, proporcionam sensações térmicas diferentes. Além disso, seria possível mostrar que o tato não é

<sup>1</sup> O vídeo 1 (Água fervendo que congela instantaneamente) com 22 segundos está disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=aQIZXT93g10>, com acesso em 6 de fevereiro de 2016.

O vídeo 2 (Dica para gelar uma latinha de cerveja em 40 segundos) usado originalmente não está mais disponível, mas um vídeo semelhante de 3 minutos está disponível em [https://www.youtube.com/watch?v=\\_oXz9Oe-zNc](https://www.youtube.com/watch?v=_oXz9Oe-zNc), com acesso em 11 de julho de 2020.

uma maneira adequada de avaliar a temperatura e também que a condutividade térmica é uma propriedade importante dos materiais.

**3.2.2. Experimento das bacias com água quente, fria e a temperatura ambiente:** foi solicitado aos grupos que medissem as temperaturas das três bacias (ver figura 2). A seguir, os integrantes dos grupos colocaram uma das mãos na bacia com água quente e a outra mão na bacia com água morna. Por fim, eles colocaram as duas mãos na bacia com água na temperatura ambiente. O objetivo era mostrar que a sensação térmica pode fornecer resultados inadequados ao ser usada para avaliar a temperatura.



**Figura 1:** Alunos discutindo as questões em grupo.  
Fonte: O autor.



**Figura 2:** Experimento do gelo e água no Encontro 3  
Fonte: O autor.

As questões investigativas propostas para os grupos discutirem e responderem foram:

1. Qual a temperatura da água da bacia na qual você colocou a mão por último?
2. Por que a sensação térmica é diferente em cada mão, se a substância tocada é a mesma (água à temperatura ambiente)?
3. Uma pessoa, ao entrar na água fria do mar ou piscina, inicialmente sente frio, mas
4. Por que uma pessoa com febre tende a sentir mais frio se ela fica na verdade mais quente?
5. Uma barra de metal ao ser tocada nos causa a mesma sensação térmica que uma barra de madeira, estando ambas à mesma temperatura ambiente?
6. É confiável medirmos ou avaliarmos a temperatura por meio do tato? Caso a resposta seja não, qual é a melhor forma de medirmos a temperatura?
7. Qual a diferença entre temperatura e sensação térmica?

Dentro do referencial teórico-metodológico da UEPS, essas situações-problemas e outras dos encontros seguintes propiciaram diferenciações progressivas e reconciliações integradoras num grau crescente de complexidade.

**3.3. Encontro 3:** Os mesmos grupos realizaram outros experimentos investigativos sobre quantidade de calor, equilíbrio térmico, energia térmica, temperatura, calor específico e mudança de estado físico. Novamente houve a diferenciação progressiva desses conceitos com discussões e debate ao final do encontro. Nas situações-problemas propostas nesse encontro foram retomados alguns questionamentos já feitos anteriormente, tais como sobre os conceitos de temperatura e calor, com o objetivo de avaliar a apropriação deles por parte dos alunos.

Nos experimentos realizados nesse encontro o professor atuou como mediador, porém sem responder diretamente às dúvidas dos alunos. Através do diálogo o professor incentivou a interatividade e a investigação dos fenômenos. Ao final dos experimentos foi realizada a socialização do conhecimento com uma conversa sobre as respostas dadas pelos grupos para as perguntas dos questionários. Além disso, os questionários foram recolhidos para posterior análise mais completa. Na seção 4 serão apresentados esses resultados.

Os experimentos realizados foram:

**3.3.1. Experimento de incendiar e girar uma espuma de aço:** o professor, por medida de segurança, realizou este experimento para que os alunos observassem (ver figura 3) e respondessem às seguintes questões:

1. O que significa temperatura?
2. O que você entende por calor?
3. Qual a temperatura das centelhas? Fazer uma pesquisa rápida na *web*. (Podendo se utilizar do celular, tablet ou computador)
4. Embora a temperatura da centelha seja alta o calor transmitido à pele é pequeno ou grande. Por quê?

O objetivo era mostrar que as faíscas incandescentes que se desprendiam da espuma de aço em chamas, mesmo estando a altas temperaturas, não liberavam grandes quantidades de calor pelo fato de terem pequenas massas.

**3.3.2. Experimento dos recipientes com água e gelo:** cada grupo teve a disposição dois recipientes, sendo um com 1000 mL de água e o outro com 500 mL de água. Foi solicitado que eles medissem as temperaturas das águas nos dois recipientes através de termômetros (ver figura 4). Em seguida, eles deveriam colocar a mesma quantidade de gelo dentro de cada recipiente, esperar por cerca de 5 minutos e depois retirar o gelo que ainda sobrar. Por fim, os grupos deveriam utilizar mais uma vez os termômetros para medir a temperatura dos dois recipientes e responder às seguintes questões:

1. O que foi percebido? Qual foi a diferença de temperatura observada? Após os 5 minutos, qual dos dois recipientes apresentou estar mais frio?
2. No início do experimento, ou seja, antes de colocar o gelo a energia térmica era maior em qual recipiente? Por quê?
3. O que provocou o resfriamento da água em cada recipiente?
4. Desse experimento você pode concluir que em um litro de água e em meio litro de água, ambos à mesma temperatura, o fluxo flui de um objeto quente para o mais frio? É a mesma energia térmica que flui nos dois casos? Por quê?

O objetivo do experimento era estabelecer mais uma vez a diferença entre os conceitos de temperatura e calor e demonstrar que a energia térmica depende da massa do objeto.



**Figura 3:** Experimentos da queima da espuma de aço.  
Fonte: O autor.



**Figura 4:** Experimento do gelo e água no Encontro 3  
Fonte: O autor.

**3.4. Encontro 4:** Foi composto por quatro vídeos investigativos produzidos por De Carli (2014) que foram assistidos e analisados pelos grupos de alunos, guiados por questões a serem respondidas. Novamente houve a diferenciação progressiva dos conceitos com discussões e debate ao final do encontro.

Durante as atividades com os vídeos, o professor atuou como mediador auxiliando os grupos através do diálogo, garantindo a interatividade entre os alunos. Ao final foi realizada uma rápida socialização das respostas dadas pelos grupos para as perguntas dos questionários. Além disso, os questionários foram recolhidos para posterior análise mais completa. Na seção 4 serão apresentados esses resultados.

**3.4.1. Vídeo da Condução de calor em três barras<sup>2</sup>:** tínhamos três barras metálicas de mesmas dimensões, mas de materiais diferentes recebendo a mesma quantidade de calor, sendo uma barra de cobre, uma de latão e a outra de aço. Cada barra tinha colada embaixo dela porções de parafina separadas por 5 cm uma da outra. O objetivo era mostrar que cada metal possui condutividade térmica diferente. Nesse vídeo as questões investigativas utilizadas foram:

<sup>2</sup> Condução térmica em metais: Vídeo com 3:12 minutos, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bKQxYPJtKZ8>, com acesso em 21 de fevereiro de 2016.

1. No experimento apresentado no vídeo, em qual dos tubos a parafina derrete primeiro?
2. Por que a parafina derreteu primeiro neste tubo?
3. Em sólidos como se dá a transmissão de calor?
4. Faça uma pesquisa na internet e descubra qual o valor da constante de condutividade térmica de cada um dos metais e ligas metálicas apresentados.
5. Explique a sequência de derretimento da parafina, em todos os tubos, com base nos valores da constante de condutividade térmica e na observação do experimento.

**3.4.2. Materiais em contato com a chama de uma vela<sup>3</sup>:** foi visto o comportamento de bons e maus condutores térmicos (metal, plástico, carvão e papel). Inicialmente, eles foram colocados em contato direto com a chama de uma vela. Depois os três primeiros, enrolados num papel, foram novamente colocados em contato com a chama. O objetivo era diferenciar isolantes de condutores térmicos. As questões investigativas propostas aos alunos foram:

1. O gelo é um bom isolante térmico?
2. Por que os pássaros eriçam suas penas, em dias frios?
3. Em sólidos como se dá, principalmente, a transmissão de calor?
4. Assinale V ou F nas alternativas abaixo. De acordo com seus conhecimentos:
  - ( ) O ar é um bom condutor de calor?
  - ( ) O papel é um bom condutor de calor?
  - ( ) O carvão é um bom condutor de calor?
  - ( ) O plástico é um bom condutor de calor?
  - ( ) O metal é um bom condutor de calor?
5. O que ocorre quando o papel é aproximado da chama de uma vela?
6. O que ocorre quando o papel, enrolado em um pedaço de carvão, é aproximado à chama de uma vela?
7. O que ocorre quando o papel, enrolado em uma régua de plástico, é aproximado à chama de uma vela?
8. O que ocorre quando o papel, enrolado em um cilindro metálico, é aproximado à chama de uma vela?
9. Por que o papel não entra em combustão quando enrolado no metal?

<sup>3</sup> Bons e maus condutores de calor: Vídeo com 2:09 minutos, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=msm0EDS-od8>, com acesso em 21 de fevereiro de 2016.

**3.4.3. Convecção em líquidos<sup>4</sup>:** tínhamos dois líquidos (água com corantes azul e vermelho) com colorações e temperaturas diferentes. O líquido vermelho possuía uma temperatura mais elevada do que o azul e ambos foram colocados em copos de plástico na superfície da água à temperatura ambiente de um aquário de vidro. Os copos possuíam furos no fundo que permitiam aos líquidos saírem. O objetivo do experimento era mostrar as correntes de convecção e as questões investigativas propostas aos alunos foram:

1. Qual a temperatura indicada no termômetro da água contida no recipiente maior?
2. Qual a temperatura da água com corante azul?
3. Qual a temperatura da água com corante vermelho?
4. Aos 42s de exibição do vídeo, a porção de água com corante azul é adicionada à porção de água a temperatura ambiente no recipiente maior. Logo a seguir a água com corante vermelho é adicionada à porção de água no recipiente maior. O que ocorre com a porção de água com corante azul?
5. Após fazer o item 4, explique o que ocorre com a porção de água com corante vermelho?
6. Explique com suas palavras o fenômeno observado.

**3.4.4. Convecção do ar<sup>5</sup>:** uma pequena hélice em um suporte foi colocada acima de uma vela acesa, mas sem tocá-la. O objetivo era mostrar que a corrente de convecção poderia transformar energia térmica em mecânica e fazer a hélice girar. As questões investigativas propostas aos alunos foram:

1. O que ocorre com a hélice, mostrada no vídeo, quando esta é colocada próximo à chama da vela?
2. O que ocorre com o ar que está próximo à vela?
3. Explique o movimento das massas de ar próximas à chama da vela e o movimento da hélice.
4. Qual é o principal processo de propagação de calor em fluidos (Líquidos e gases)?

<sup>4</sup> Correntes de convecção na água: Vídeo com 2:21 minutos, disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=4Ms4ww2qZv0>, com acesso em 21 de fevereiro de 2016.

<sup>5</sup> Convecção no ar: Vídeo com 1:41 minutos, disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=AyGCcnaPHS8>, com acesso em 21 de fevereiro de 2016.

**3.5. Encontro 5:** Foi usado uma simulação do PhET Colorado<sup>6</sup> sobre Radiação Térmica e Efeito estufa. A simulação envolveu a radiação solar, radiação infravermelha e luz visível na superfície da Terra e suas interações com os gases que constituem a atmosfera. O objetivo principal era mostrar o processo de transporte de calor por irradiação, além dos problemas com o efeito estufa. As questões investigativas foram:

1. A radiação solar antes, de atingir a superfície da Terra, interage com os gases que compõem nossa atmosfera, fazendo com que apenas parte dessa radiação chegue à superfície. Quais efeitos são perceptíveis quando há a absorção dessa radiação pelos corpos na superfície?
2. A luz solar atinge a superfície da Terra através de qual meio de propagação?
3. Ao alterarmos as placas de vidro, o que ocorre com a temperatura registrada no termômetro? Justifique (Utilizando-se do primeiro modo de simulação – Absorção da radiação).
4. Quais dos gases, presente na atmosfera terrestre, não sofrerá praticamente nenhum aumento de temperatura ao absorver radiação infravermelha? E ao absorver luz visível?
5. Podemos citar que o vidro é mais transparente para qual tipo de radiação proveniente do sol? Por que?
6. Os gases da atmosfera comportam-se como as lâminas de vidro do simulador (modelo simples e limitado). Com base na atuação das lâminas de vidro, qual a relação existente entre a temperatura global da Terra com papel desempenhado pelos gases em nossa atmosfera?

**3.6. Encontro 6:** Foi realizada uma Reconciliação Integradora com o objetivo de conectar todos os modelos e conceitos já introduzidos em encontros anteriores. Contudo, pequenas discussões e reconciliações integradoras foram realizadas ao final de cada encontro. Esse encontro foi uma aula dialogada com os alunos.

#### 4. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Ao longo da pesquisa foi feito um diário de campo ou diário de bordo com a intenção de registrar de maneira cronológica os momentos da intervenção, de maneira a acompanhar o desenvolvimento tanto das aulas quanto das atividades realizadas. A função desse diário foi compor o universo de dados para compreensão do processo de ensino-aprendizagem realizado. Toda a coleta de dados foi realizada a partir do diário de bordo, de observações em sala de aula, do mapa conceitual, gravações de áudio e dos questionários recolhidos ao final das atividades.

<sup>6</sup>Simulador computacional disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/greenhouse](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/greenhouse), com acesso em 28 de fevereiro de 2016.

#### 4.1. Relato e Análise dos encontros

**4.1.1. Encontro 1:** Os dois vídeos sobre como gelar uma lata de cerveja em quarenta segundos e sobre a água fervendo que congela instantaneamente estimularam a participação e a curiosidade dos alunos. Tivemos o seguinte diálogo para a pergunta 1 do Questionário da seção (3.1.2): *Uma pessoa com febre fica quente? Por que ela sente frio?*

*Aluno 2: Sinto frio quando estou com febre, pois estou cedendo temperatura para o ambiente.*

*Professor: Como não vou te dar a resposta, vou dizer que em parte você acertou, mas ao decorrer dos encontros você irá responder corretamente.*

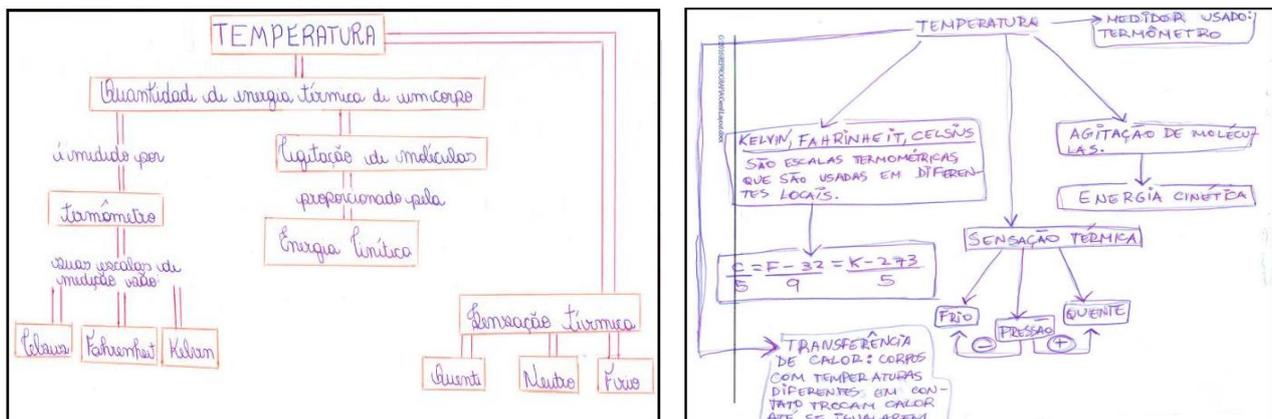
*Aluno 3: Calor é o que eu sinto quando o dia está quente.*

*Professor: Ao decorrer dessa sequência de estudo iremos chegar à conclusão.*

Ficou evidente na turma que calor está relacionado com o desconforto térmico. Constatou-se também o surgimento de respostas inesperadas, que podem conduzir a aula para uma direção não planejada, como a resposta de um aluno sobre a influência das correntes marítimas sobre a sensação térmica quando vamos tomar banho no mar.

Durante a tempestade de ideias foram citadas pelos alunos diversas grandezas físicas e propriedades, tais como: *Atrito, Fahrenheit, Celsius, Kelvin, Termômetro, Fogo, Sol, Ar Condicionado, Gelo, Choque Térmico, Brisa, Sensações Térmicas, Modificações, Calor, Calor Específico, Agitação das Moléculas, Frio, Quente, Movimento, dentre outras.*

Em relação ao mapa conceitual, dos dez grupos das duas turmas K e L, apenas três entregaram. Isso ocorreu em parte pois eles nunca tinham feito um mapa conceitual antes, mas também devido a dificuldades conceituais com o conteúdo. Nas figuras 5 e 6 temos dois desses mapas construídos pelos grupos L2 e K4, respectivamente.



**Figura 5 e 6:** Mapas conceitual feitos pelos grupos L2 e K4, respectivamente. Fonte: Autor, 2016.

Os mapas conceituais foram importantes na descoberta de alguns conhecimentos prévios dos alunos, embora de forma não muito precisa. O fato de somente três grupos conseguirem fazer o mapa conceitual está de acordo com Moreira (2006), de que é mais adequado usar os mapas conceituais quando os alunos já têm conhecimento parcial do assunto, apesar de também poderem ser usados na busca do conhecimento prévio com algumas limitações. Na apresentação na sala, os

grupos que não entregaram o mapa tiveram a oportunidade de expressarem suas opiniões e as discussões serviram como um organizador prévio do assunto.

Após a leitura e discussão do texto sobre a história do conceito de calor foi perceptível que a maioria dos alunos entendeu que calor não é uma “substância” e sim uma forma de transporte de energia térmica. Assim, após esse primeiro encontro, os alunos ficaram motivados e passaram a ter uma ideia melhor sobre o conteúdo.

**4.1.2. Encontro 2:** Em relação à atividade de medir a temperatura e a avaliar sensação térmica de objetos da sala, seguem as discussões:

*Aluno 4: Professor este termômetro está quebrado.*

*Professor: Será? Meça mais uns dois objetos.*

*Aluno 4: Tudo bem.*

*Aluno 5: Tem certeza professor que estes termômetros não estão quebrados?*

*Professor: Vocês têm certeza que todos os termômetros estão com defeito?*

*Aluno 6: Professor acho que a temperatura dos objetos é igual ao do ambiente.*

*Professor: Isso mesmo.*

*Aluno 7: Curioso, pois eu senti alguns objetos mais frios do que outros, mas todos estão à mesma temperatura.*

*Professor: Tudo a ver, vamos partir para outro momento desse encontro para entendermos mais um pouco sobre calor e sensação térmica.*

Na tradicional experiência das bacias com águas à temperatura ambiente, fria e quente tivemos o diálogo:

*Professor: O que percebeu?*

*Aluno 10: A mão que estava quente ficou fria e a que estava fria ficou quente.*

Foi perceptível que após uma pequena retomada de conceitos, que a turma percebeu que existem corpos que retiram calor mais rápido da mão e outros que retiram calor de forma mais lenta, entendendo que os objetos conduzem calor de formas diferentes. Assim, pode-se dizer que eles conseguiram compreender que o fluxo de calor ocorre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura e que o tato não é uma forma de medir a temperatura.

**4.1.3. Encontro 3:** No experimento da queima da esponja de aço, o professor antes de iniciar a experiência solicitou que os estudantes fizessem uma pesquisa rápida na internet em seus celulares sobre a temperatura de queima da espuma de aço. Rapidamente todos os grupos encontraram a temperatura de 700°C. Seguem diálogos após a realização do experimento:

*Aluno 12: Professor você não se queimou, quando esse monte de centelhas bateu no seu braço?*

*Aluno 13: Poxa mais a esta temperatura era para ter queimado?*

*Professor: Turma o que vocês entenderam por calor?*

*Grupo K5: não está contido nos corpos.*

*Grupo K4: é uma forma de energia.*

*Professor: Turma por que não me queimei?*

*Aluno 14: A área de contato é muito pequena.*

*Aluno 12: Acho que a massa que bateu no seu braço é muito pequena.*

Em relação a experiência da troca de calor entre a água dos dois recipientes e o gelo, seguem os diálogos:

*Professor: Turma, quem está recebendo energia na experiência?*

*Todos os alunos: O gelo.*

Neste momento o professor informou que a quantidade de calor absorvida pelo gelo era aproximadamente a mesma nos dois casos com mais e com menos água, visto que ainda restava muito gelo após 5 minutos e ele ainda estava a 0 °C.

Em relação à pergunta 2 do Questionário da seção (3.3.2 - Encontro 3): *No início do experimento, ou seja, antes de colocar o gelo a energia térmica era maior em qual recipiente? E por quê?*

A maioria dos alunos responderam que a energia térmica era mesma nos dois recipientes, pois antes de colocar o gelo a temperatura era mesma, ou seja, estes estudantes estavam realmente utilizando suas concepções espontâneas para chegar à resposta. Assim, mesmo um recipiente tendo 1000mL e o outro tendo 500 mL de água, pelo fato deles estarem na temperatura ambiente, na visão dos alunos, eles deveriam possuir a mesma energia térmica. A medida que os diálogos iam seguindo a compreensão melhorou.

Seguem mais diálogos:

*Professor: Turma a energia térmica não é apenas proporcional à temperatura, está relacionada ao somatório das energias cinéticas das suas moléculas.*

*Grupo K1: O recipiente com mais água possui maior energia térmica.*

*Professor: Isso mesmo, pois o somatório das energias térmicas das moléculas desse recipiente é maior mesmo ambos estando a temperatura ambiente.*

**4.1.4. Encontro 4:** Em relação ao vídeo sobre condução de calor em metais (ver figura 7) houve dúvida na pergunta 3 do Questionário da seção (3.4.1 - Encontro 4): *Em sólidos como se dá a transmissão de calor?*

*Grupo L3: Também não entendi.*

*Professor: Qual é a principal diferença entre os meios sólidos, líquidos e gasosos?*

*Aluno 18: No meio sólido as moléculas estão mais juntas.*

*Professor: Além disso, vocês acham que as moléculas se deslocam no meio sólido?*

*Aluno 7: No meio sólido as partículas vibram e não se descolam.*

Após todos os debates e a mediação por parte do professor, foi percebido um maior esclarecimento do conceito por parte dos alunos.

Na investigação do vídeo sobre condutores e isolantes térmicos, foi observado que todos os grupos estavam com dificuldade em responder à questão 4 do Questionário da seção (3.4.2 - Encontro 4), sobre os materiais que são bons condutores de calor, sendo necessária a ajuda do professor.

Na análise dos vídeos sobre convecção nos líquidos e gases houve alguns questionamentos, tais como:

*Aluno 20: Professor a asa delta é um exemplo de convecção?*

*Professor: Sim, pois um piloto para subir com sua asa deve procurar uma corrente de ar quente, por ser menos densa.*

*Professor: Outro exemplo é o congelador das geladeiras antigas, ficam na maioria das vezes na parte superior.*

*Aluno 2: Na minha casa de praia a geladeira é bem velha e as grades são vazadas, existe uma explicação?*

*Grupo L3: Prateleiras vazadas é melhor do que as atuais pois facilitam as correntes de convecção.*

Embora o objetivo do estudo investigativo seja levar o aluno a procurar respostas, em determinados momentos isso não é possível. Quando isso ocorrer não há problema nenhum do professor intervir explicando o aluno detalhadamente.

**4.1.5. Encontro 5:** A simulação foi realizada no laboratório de informática da escola com a ajuda do instrutor de informática (ver figura 8). O início foi semelhante aos outros encontros, onde os alunos se separaram em pequenos grupos para discutir os fenômenos. Foi percebido neste encontro como a organização dos grupos ocorreu de forma rápida e ordeira, indicando que é possível que os alunos se adaptem às aulas não tradicionais após certo tempo.



**Figura 7:** Alunos discutindo o vídeo sobre barras condutoras de calor no Encontro 4  
Fonte: O autor.



**Figura 8:** Alunos realizando a simulação PhET Colorado sobre Radiação Térmica e Efeito Estufa  
Fonte: O autor.

Foi neste momento que os estudantes tiveram maior grau de liberdade na prática investigativa, ou seja, o professor não precisou intervir com muita frequência, pois os próprios alunos analisaram e debateram as questões propostas. Seguem as falas de uma discussão realizada ao final do encontro:

*Professor: Turma, por qual meio de qual propagação de calor a energia do Sol chega a Terra?*

*Aluno 15: Professor o meio seria a atmosfera.*

*Aluno 16: Pelo Sol.*

*Professor: Mas essa radiação proveniente do Sol atravessa qual meio?*

*Aluno 17: Espaço.*

*Professor: Mas o espaço é uma região com ausência de partícula. Que chamamos de?*

*Aluno 17: Vácuo.*

**4.1.6. Encontro 6:** Neste momento foi possível relembrar os conceitos discutidos ao longo dos encontros e a reconciliação integradora foi realizada por meio de uma aula dialogada com intensa participação dos alunos. De acordo com os comentários dos alunos foi possível verificar a existência de indícios de uma aprendizagem significativa, tendo em vista a recepção dos alunos às atividades propostas, e a percepção da construção gradativa dos conceitos.

Seguem abaixo algumas falas de alguns alunos durante a reconciliação integradora:

*Aluno 7: “Agora eu sei, por exemplo, que calor é uma energia em trânsito e não é um desconforto térmico”.*

*Aluno 28: “Sabemos da imperfeição da sensação térmica na medição da temperatura de um corpo”.*

*Aluno 23: “Percebemos que calor seja uma energia em trânsito do corpo mais quente para o mais frio”.*

*Aluno 3: “Agora sei por que um ar condicionado deve ser instalado na parte superior.”*

*Aluno 15: “Sei que a energia pode se propagar de três formas que são condução, convecção e radiação.”*

*Aluno 5: “Radiação é o único dos processos que não precisa de um meio material para se propagar.”*

*Aluno 25: “Convecção há deslocamento de partículas, devido à diferença de densidade.”*

*Aluno 8: “A importância da atmosfera na radiação proveniente do Sol reside no efeito estufa”.*

**4.1.7. Encontro 7:** O resultado da avaliação final é mostrado na tabela 1, que apresenta as médias de 4 turmas da escola que fizeram a mesma prova. Pode-se observar que nas turmas K e L, onde a UEPS foi aplicada, houve indícios de aprendizagem significativa, com as médias das turmas,

respectivamente, iguais a 68,8% e 69,4%. Contudo, comparando-se com as médias das turmas A (77,2%) e B (70,4%), onde não houve a aplicação da UEPS, observa-se que as turmas K e L tiveram médias menores.

**Tabela 1:** Médias da avaliação final para 4 turmas, sendo que em A e B tivemos o ensino tradicional e em K e L, tivemos a aplicação da UEPS apresentada nesse artigo referente ao mesmo conteúdo.

Turma	Questão 1 (2 pontos)	Questão 2 (3 pontos)	Questão 3 (3 pontos)	Questão 4 (2 pontos)	Média (100%)
A	1,45	2,84	2,60	1,10	77,2 %
B	1,35	2,50	2,47	0,97	70,4%
K	1,38	2,36	2,11	1,14	68,8%
L	1,61	2,59	1,70	1,08	69,4%

Fonte: O autor.

Vale ressaltar que nas turmas K e L, a maioria dos alunos são oriundos de outras escolas ou seja, alunos novatos, com percentual de 60% e, portanto, têm mais dificuldade de aprendizado. Assim, um resultado menor para essas turmas já era esperado.

#### 4.2. Análise das Atividades Investigativas

O processo de classificação das respostas foi baseado na categorização estabelecida por Ambrózio (2014), que objetivou avaliar se as respostas dadas pelos alunos estavam de acordo com os conceitos físicos corretos do ponto de vista científico. Foram utilizadas três categorias, a saber, correta (C), parcialmente correta (P) e incorreta (I), cujas características são descritas no quadro 2.

**Quadro 2** - Categorias para classificação das respostas segundo o domínio conceitual

Categoria	Crítérios
Correta (C)	Se as respostas apresentam um nível alto de generalização, sendo construídas de maneira articulada de acordo com os conceitos físicos cientificamente corretos, mesmo que escritas de maneira informal.
Parcialmente Correta (P)	Se as respostas apresentam um nível intermediário de generalização, sendo construídas de maneira parcialmente articulada de acordo com os conceitos físicos cientificamente corretos, mesmo que escritas de maneira incompleta ou em partes incorreta.
Incorreta (I)	Se as respostas apresentam um nível baixo de generalização, sendo construídas em desacordo com os conceitos físicos cientificamente corretos, escritas em sua maior parte de forma equivocada.

Fonte: Autor, 2016

A seguir, apresentaremos os resultados de algumas perguntas de cada encontro.

**4.2.1. Pergunta 2 do Questionário da seção (3.2 - Encontro 2): Por que a sensação térmica é diferente em cada mão, se os objetos tocados estão à mesma temperatura?**

Como exemplo de resposta correta tivemos o Grupo K5: *No nosso primeiro encontro não sabíamos que calor era uma maneira de energia, logo ao sentirmos por exemplo a maçaneta da porta mais fria do que a madeira, é por ocorre um fluxo de energia.*

Para respostas parcialmente corretas tivemos:

Grupo K2: *As mãos possuem uma temperatura maior do que a maçaneta e a madeira, por exemplo, quando tocadas.*

Grupo L4: *O azulejo está mais frio do que a parede mais as temperaturas são iguais ao da sala, mas possui temperatura menor do que da mão.*

Nas duas respostas parcialmente corretas, percebemos que os dois grupos estão quase formando a ideia de que calor é uma forma de energia em trânsito, mas ainda pensam somente em temperatura para definir sensação térmica. No quadro 3, separados por turma, temos os dados da classificação das respostas.

**Quadro 3:** Classificação das respostas dos grupos para a pergunta 2 do Questionário da seção (3.2 - Encontro 2)

Questão	Por que a sensação térmica é diferente em cada mão, se os objetos tocados estão à mesma temperatura?									
Grupos	K1	K2	K3	K4	K5	K6	L1	L2	L3	L4
Categoria	I	P	I	P	C	P	I	P	P	P

Fonte: Autor, 2016

Os dados mostram que 70 % dos grupos apresentaram respostas corretas e parcialmente corretas e 30% apresentaram respostas incorretas. Contudo, somente um grupo respondeu de forma correta. Assim, concluímos que houve certa dificuldade nessa atividade.

**4.2.2. Pergunta 2 do Questionário da seção (3.3.1 - Encontro 3): O que você entende por calor?**

Seguem exemplos de respostas consideradas corretas:

Grupo K6: *Calor é uma forma de energia em trânsito de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura.*

Grupo L1: *Energia em movimento de um corpo de maior temperatura para outro de menor temperatura até atingir a estabilidade térmica. Devemos lembrar sempre que calor não está contido nos corpos*

No quadro 4, separados por turma, temos os dados da classificação das respostas.

**Quadro 4:** Classificação das respostas dos grupos para a pergunta 2 do Questionário da seção (3.3.1 - Encontro 3)

Questão	O que você entende por calor?									
Grupos	K1	K2	K3	K4	K5	K6	L1	L2	L3	L4
Categoria	I	P	P	C	C	C	C	C	C	P

Fonte: Autor, 2016

Os dados mostram que 90 % dos grupos apresentaram respostas corretas e parcialmente corretas e 10% apresentaram respostas incorretas. Neste caso, tivemos seis grupos respondendo de forma correta. Assim, concluímos que houve um grande avanço nos resultados da turma nessa questão.

**4.2.3. Pergunta 3 do Questionário da seção (3.4.1 - Encontro 4): Em sólidos, como se dá, a transmissão de calor?**

Segue algumas respostas que foram analisadas e consideradas corretas.

*Grupo K3: Ocorre através da vibração das partículas.*

*Grupo L1: A energia se propaga em sólidos através da vibração.*

Abaixo é transcrita uma resposta considerada como parcialmente correta:

*Grupo K6: ocorre principalmente por condução térmica.*

No quadro 5, separados por turma, temos os dados da classificação das respostas:

**Quadro 5:** Classificação das respostas dos grupos para a pergunta 3 do Questionário da seção (3.4.1 - Encontro 4)

Questão	Em sólidos, como se dá, a transmissão de calor?									
Grupos	K1	K2	K3	K4	K5	K6	L1	L2	L3	L4
Categoria	P	P	C	C	C	P	C	C	C	C

Fonte: Autor, 2016

Os dados mostram que 100 % dos grupos apresentaram respostas corretas e parcialmente corretas. Neste caso, tivemos sete grupos respondendo de forma correta, e concluímos que o aproveitamento dos grupos se consolidou sem respostas incorretas.

**4.2.4. Pergunta 6 do Questionário da seção (3.4.3 - Encontro 4): Explique com suas palavras o fenômeno observado, quando dois líquidos de cores e temperaturas diferentes são colocados dentro de um mesmo recipiente.**

Os dez grupos (100%) conseguiram analisar corretamente, indicando o total êxito da atividade. A seguir apresentamos alguns relatos de respostas corretas:

*Grupo K2: Nos vídeos percebe-se que o líquido mais quente sobe e o mais frio desce, logo podemos concluir que na convecção há deslocamento de partículas.*

*Grupo L3: Diferente da condução onde não há deslocamento de partículas, na convecção existe.*

*Grupo K3: O deslocamento do líquido ocorreu devido a diferença de densidade.*

**4.2.5. Pergunta 2 do Questionário da seção (3.5 - Encontro 5): A luz solar atinge a superfície da Terra através de qual meio de propagação?**

Segue uma resposta que foi considerada correta.

*Grupo K5: único meio de propagação de calor que pode ocorrer no vácuo e ocorre através de ondas eletromagnéticas como a radiação infravermelha apresentada no simulador.*

E uma resposta que foi considerada parcialmente correta.

*Grupo L3: Ocorre somente da radiação proveniente do sol.*

No quadro 6, separados por turma, temos os dados da classificação das respostas:

**Quadro 6:** Classificação das respostas dos grupos para a pergunta 2 do Questionário da seção (3.5 - Encontro 5)

Questão	A luz solar atinge a superfície da Terra através de qual meio de propagação?									
Grupos	K1	K2	K3	K4	K5	K6	L1	L2	L3	L4
Categoria	I	P	C	C	C	P	C	C	P	C

Fonte: Autor, 2016

Os dados mostram que 90 % dos grupos apresentaram respostas corretas e parcialmente corretas e 10% apresentaram respostas incorretas.

Ao analisarmos os resultados dos encontros concluímos que houve um avanço no aprendizado e no desempenho dos alunos ao longo da UEPS. Combinando isso com o resultado positivo obtido na avaliação final, concluímos que temos fortes indícios de uma aprendizagem significativa nessas duas turmas K e L após a aplicação dessa UEPS.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho foi possível construir com êxito uma UEPS para o ensino dos conceitos iniciais de termodinâmica baseada em atividades investigativas e os resultados da aplicação do material indicaram uma boa receptividade por parte dos alunos, com intensa participação deles nas atividades propostas. De acordo com o relato dos encontros e das análises das questões investigativas concluímos que o material didático foi aplicado com êxito satisfatório, pois os alunos apresentaram indícios de um aprendizado significativo. Desta forma, constitui uma boa opção para futuras utilizações por parte de professores de ensino médio.

Todas as atividades foram realizadas em grupo e desta forma estimularam o protagonismo dos estudantes, com intensa cooperação dentro dos grupos. Acreditamos que a forma com que as aulas foram desenvolvidas, sem que o professor desse todas as respostas logo de início, propiciou essa postura ativa e investigativa dos alunos. A realização com êxito dessas atividades requer uma

postura do professor que não se restrinja somente a aulas expositivas. É muito importante que o professor assuma uma postura reflexiva e construtivista, pois quando o aluno faz uma pergunta ele deve responder de forma parcial, motivando ao aluno na descoberta do caminho. Em relação aos roteiros das atividades, eles devem ser usados, mas não devem conter todos os detalhes de tudo que o aluno deve fazer, sendo apenas um guia com perguntas investigativas que o levem à reflexão e discussão, mais próximo de um laboratório aberto.

Em concordância com Pradella (2014), foi possível também perceber que o ensino de conceitos basilares da termodinâmica pode ser desenvolvido com êxito através de aulas não expositivas, visto que essa área da física possui uma grande quantidade de fenômenos facilmente visíveis no cotidiano. O desempenho positivo, bem como a satisfação em participar das atividades, das duas turmas submetidas a esse produto didático comprova essa afirmação. Outros trabalhos tais como Lawall e Fachini (2015) e Souza (2019) reforçam esse resultado.

Convém ressaltar a importância do planejamento de cada encontro, sendo que o primeiro deve necessariamente ser reservado para a motivação dos alunos quanto à importância do tema a ser estudado e um levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos, seja através de uma discussão, um questionário ou um mapa conceitual. Essa constatação está de acordo com Moreira (2011).

Ao longo da aplicação, ficou claro que a combinação de experimentos, simulações computacionais e vídeos de experimentos, apresentados de forma investigativa, possui enorme potencial didático para serem utilizados nas aulas. Assim, é recomendável que se utilize esses recursos no ensino da termodinâmica, pelo menos em combinação com as aulas expositivas. Foi perceptível também a importância do uso de uma diversidade de atividades de forma que o aluno seja surpreendido a cada aula, criando uma expectativa na turma.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – código de financiamento 001 por auxiliar o programa de mestrado SBF – MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Agradecemos ao Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Cariacica – Coordenação de Mestrado em Ensino de Física – Polo 33 e a Coordenação de Física por apoiar esse trabalho.

## REFERÊNCIAS

- Ambrózio, R. M. (2014). *Uma Intervenção Educacional com Enfoque no Ensino por Investigação: Abordando as Temáticas Termodinâmica e Óptica*. Dissertação, Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. Acesso 14 de set., 2016, [http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4780/1/tese\\_7810\\_Rosa%20Maria%20Ambr%C3%B3zio%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf](http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/4780/1/tese_7810_Rosa%20Maria%20Ambr%C3%B3zio%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf).
- Ausubel, D. P. (1973). *Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Azevedo, M. C. P. S. (2004). Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: A. M. P. CARVALHO, (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33.
- Barbosa, R. R. (2016). *Uma proposta para vivenciar no ensino médio os conceitos iniciais de*

*termodinâmica por meio de uma unidade de ensino potencialmente significativa*. Dissertação, Instituto Federal do Espírito Santo, Espírito Santo. Acesso 18 de janeiro, 2019, [https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id\\_trabalho=4946379](https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=4946379).

Carvalho, A. M. P. (cord.) (1999). *Termodinâmica: um ensino por investigação*. São Paulo: Feusp.

Clement, L.; Custódio J. F.; Rufini, S. E. & Alves Filho, J.P. (2014). Motivação autônoma de estudantes de física: evidências de validade de uma escala. *Revista Quadrimestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional*, São Paulo, 18, Número 1, janeiro/abril, p. 45-56.

De Carli, E.; Ribeiro-Teixeira, R. M. & Lang da Silveira, F. (2014). *Vídeos com demonstrações de experimentos reais de física térmica para o ensino médio*. Acesso em: 8 de julho, 2016. [http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n31\\_DeCarli/fisicatermica.htm](http://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n31_DeCarli/fisicatermica.htm).

Lawall, I. T., & Fachini, C. M. (2015). *Análise de um pré-teste de uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS) para o estudo de dilatação térmica*. In VII Encuentro internacional de Aprendizaje Significativo; V Encuentro Iberoamericano sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias. p. 491-500.

Moreira, M.A.; Caballero, M.C. & Rodríguez, M.L. (orgs.) (1997). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Burgos, España.

Moreira, M. A. A. (2002). Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área. In: *Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em 19 de junho, 2017, <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/141212/000375268.pdf?sequence=1>.

Moreira, M. A. A. (2006). *Mapas conceituais e diagramas*. São Paulo: Centauro.

Moreira, M. A. A. (2011). *Aprendizagem significativa*. São Paulo: UPU.

Nussenzveig, H. M. (2014). *Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*, volume 2, 5ª edição. São Paulo: Blucher.

Pradella, M. (2014). *Abordagem de conceitos de termodinâmica no Ensino Médio por meio de unidades de ensino potencialmente significativas*. Dissertação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. Acesso 16 de set., 2016, [https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/pradella\\_v25\\_n3.pdf](https://www.if.ufrgs.br/public/tapf/pradella_v25_n3.pdf).

Santos, J. C. F. dos. (2008). O Papel do professor na promoção da aprendizagem significativa. *Revista Científica Uniabeu*, Belford Roxo, V, n.1, p. 9-14.

Souza, J. M. (2015). Desenvolvendo práticas investigativas no Ensino Médio: o uso de um Objeto de Aprendizagem no estudo da Força de Lorentz. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 32, n. 3, p. 988-1006.

Souza, R. B. D. (2019). *Sequência didática para o ensino das leis da termodinâmica e máquinas térmicas*. Dissertação de mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Acesso 14 de set., 2016. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4461/1/ensinotermodinamicamaquinastermicas.pdf>

Vergnaud, G. (1990). Epistemology and psychology of mathematics education. In: P. NESHER & J. KILPATRICK (Eds.). *Mathematics and cognition: A research synthesis by International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Cambridge: Cambridge University Press, p. 14-30.

**APÊNDICE 1: Texto sobre a história do calor usado no Encontro 1****Uma introdução sobre o conceito de Calor**

A palavra calor está frequentemente presente no dia a dia das pessoas, como por exemplo, quando se fala que o clima está quente: “mas que calor!” No entanto, poucas pessoas estão a par do significado desta palavra e como seu conceito foi discutido ao longo do século 18. No início do século 18 existiam duas hipóteses sobre a natureza do calor. A hipótese mais aceita considerava o calor como uma substância indestrutível que “preencheria os poros” dos corpos e se escoaria de um corpo mais quente para um corpo mais frio. O cientista Lavoisier chamou essa substância de calórico. Esta hipótese significava que o calor podia ser transferido de um corpo para outro, mas a quantidade total de calórico se conservaria.

A hipótese rival, que acreditasse que foi defendida por Francis Bacon e Robert Hooke, explicava o calor como sendo um minúsculo movimento de vibração das partículas dos corpos. Ambas as teorias sobre o conceito de calor explicavam alguns exemplos cotidianos da época, como esfregar dois gravetos um contra o outro e sentir ambos esquentarem. Porém a teoria do calórico sofreu grandes dificuldades em outros exemplos da época, como o citado a seguir.

Segundo a primeira explicação, o calórico era uma substância que ocuparia os “poros” dos corpos, e com isso o calórico teria algum peso que poderia ser medido. Já no século 18 existiam métodos de se medir tal peso, por menor que fosse. O cientista Benjamin Thomson realizou a seguinte experiência: ele pesou um pedaço grande de bronze, e logo após perfurou a peça de modo a gerar muito calor por atrito. Com isso ele esperaria que após a perfuração, a peça de bronze apresentasse um peso menor que o inicial. No entanto, ele não percebeu diferença alguma no peso da peça de bronze, e com isso foi levado a crer que o calórico não era algo que se conservava, e sim uma substância ilimitada no material.

Assim, a teoria do calórico teve o interesse diminuído, levando outros cientistas da época a defenderem a teoria do calor como sendo um movimento vibratório das partículas dos corpos.

No século 19, o cientista James Watt desenvolveu a máquina a vapor, mostrando que o calor poderia ser convertido em energia para movimentar de peças simples a trens. A máquina a vapor mostrou definitivamente, junto com mais algumas experiências, que calor nada mais é que uma forma de energia. Assim, usando o conceito de calor como sendo movimento vibratório da partícula dos corpos, podemos dizer: o calor é, sim, uma forma de energia, no entanto, é uma quantidade de energia que está sendo transferida de determinado corpo para outro. Essa transferência se dá através de colisões de partículas de um corpo com partículas de outro corpo. Assim sendo, um corpo mais quente é um corpo em que as partículas se movimentam mais rapidamente do que em outro corpo.

Embora hoje em dia a palavra calor apareça comumente em qualquer discussão, ela gerou grandes debates científicos e filosóficos através dos séculos 18 e 19. O conceito de calor hoje está muito bem desenvolvido, sendo extremamente utilizado por engenheiros em diversas áreas de atuação.

Texto adaptado do Livro de Nussenzveig (2014).

Questões/Debates

1. Qual a diferença entre calórico e calor?
2. Como que a perfuração feita nas peças ajudou a discordar do modelo do calórico?

## APÊNDICE 2: Avaliação Final

1. (Valor: 2,0 pontos) (Valor: 2,0 pontos) Dois sócios se encontraram para uma reunião em um restaurante que possui um eficiente sistema de refrigeração, de modo que sua temperatura se mantém sempre constante e igual a 22°C. Um dos sócios pediu uma xícara de café, que é servida a 80°C, enquanto o outro pediu uma garrafa de água mineral, que foi servida parcialmente congelada. Durante as duas horas de conversa ambos se esqueceram completamente de seus pedidos, e ao fim da reunião, quando foram tomá-los perceberam que o café havia esfriado enquanto a água havia esquentado.

Explique por que, mesmo estando no mesmo ambiente, o café esfriou enquanto a água esquentou.

Obs.: A sua resposta deve, OBRIGATORIAMENTE, conter as expressões: TEMPERATURA, CALOR e EQUILIBRIO TERMICO.

---



---



---



---



---

2. (Valor: 3,0 pontos) Leia o texto a seguir.

### Saltando de asa delta

Para saltar de asa delta, o piloto deve correr um declive para conseguir que o ar se mova para as asas a aproximadamente 24 km/h. Esse movimento do ar sobre a superfície da asa gera o levantamento, a força que vai contra a gravidade e a mantém nas alturas. Uma vez nas alturas, a gravidade (o peso da asa delta e do piloto) puxa o aparelho para a Terra e impulsiona a asa delta para frente, o que faz o ar fluir continuamente sobre ela. Além do movimento horizontal do ar, a asa delta pode subir ou descer com as correntes de ar termais.

As correntes de ar termais citadas no texto acima se referem às correntes de ar quentes ou frias que o piloto pode encontrar durante o voo. Analise a situação descrita e responda:

- a) Qual corrente de ar (quente ou fria) deve ser usada quando o piloto da asa delta quer aumentar sua altitude em relação ao solo? Justifique.

---



---

- b) Qual processo de transmissão de calor está relacionado com a subida da asa delta utilizando correntes de ar termais? Justifique.

---



---



---

- c) Em que outra situação cotidiana é possível verificar esse mesmo processo de transmissão de calor? Explique.

---



---



---

3. (Valor: 3,0 pontos) Leia a seguinte tirinha.



Disponível em: <http://casadotony.blogspot.com>. Acesso em: 14 jun. 2011.

Na conversa ilustrada entre os garotos, há duas situações que envolvem processos de transferência de calor. De acordo com o texto, responda:

- a) Qual é o processo de transferência de calor que pode ser associado ao primeiro quadrinho? Justifique.

---



---

- b) Por que a luva de lã pode ser usada em dias frios para que o garoto tenha uma sensação térmica agradável em suas mãos? Justifique.

---



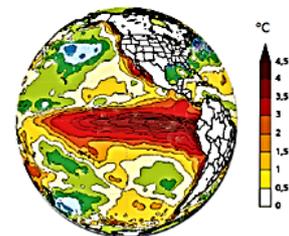
---



---

- c) Qual grandeza física está associada com a utilização das luvas de lã descrita no item anterior? Justifique.

4. (Valor: 2,0 pontos) O mapa abaixo ilustra as temperaturas médias registradas em vários lugares da Terra no ano de 2014, quando a temperatura média total do planeta foi de 15°C. A barra ao lado mostra que a máxima variação positiva de temperatura em relação à temperatura média foi de 4,5°C.



Analise a figura e faça o que se pede:

- a) O aquecimento da Terra ocorre através de qual processo de propagação de calor e o seu aquecimento ocorre devido a qual radiação do espectro elétrico magnético e por qual motivo?

---



---

- b) Qual radiação do espectro elétrico magnético é responsável pelo aquecimento da Terra e por qual motivo ocorre tal fato?

---

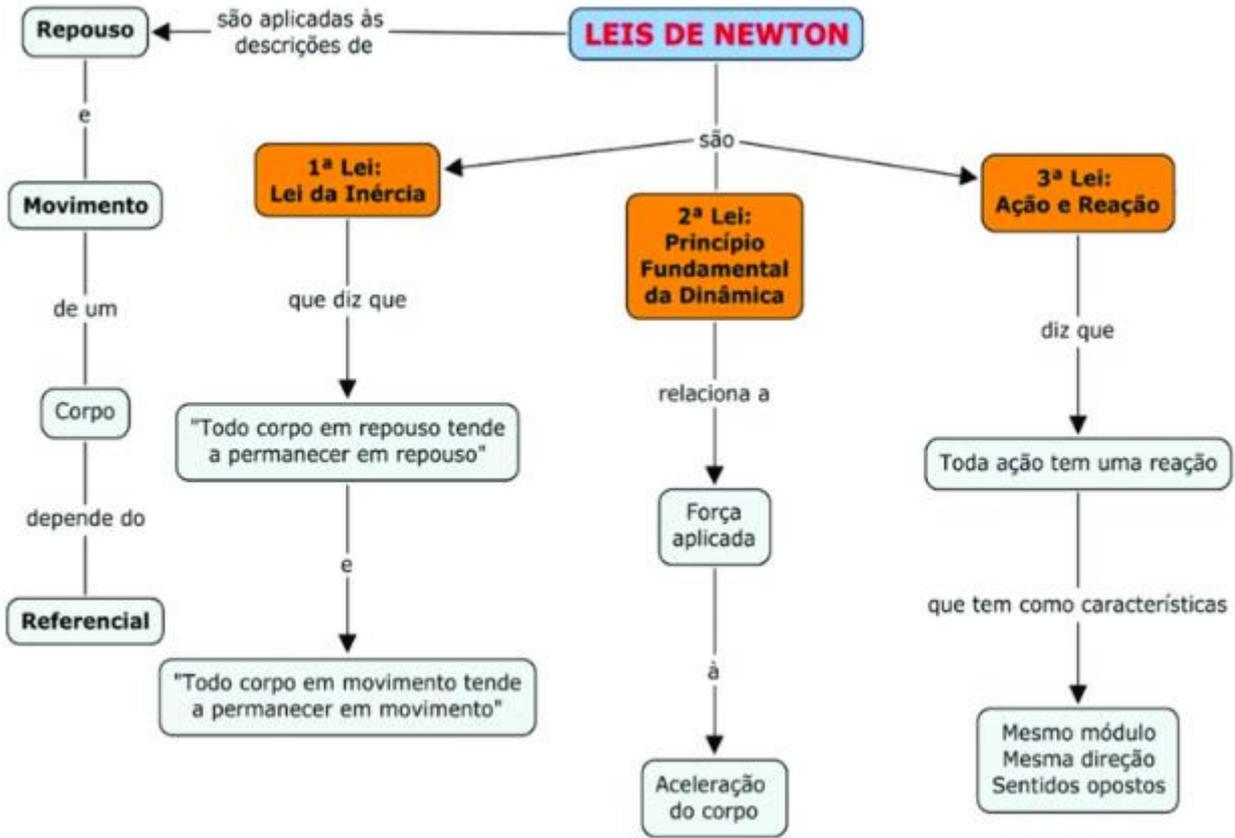


---



---

**APÊNDICE 3: Exemplo de Mapa Conceitual de Mecânica sobre as Leis de Newton**



Fonte: Adaptado de [http://experimentandofisica.blogspot.com.br/2012/12/mapas---conceituais\\_10.html](http://experimentandofisica.blogspot.com.br/2012/12/mapas---conceituais_10.html)