

José Afonso Romancini

**DESENVOLVIMENTO DE PÁGINA WEB UTILIZANDO A  
EVOLUÇÃO DO AUTOMÓVEL COMO TEMA  
MOTIVACIONAL PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Dissertação submetido(a) ao Programa  
de mestrado da Universidade Federal  
de Santa Catarina para a obtenção do  
Grau de mestre em ensino de Física  
Orientador: Prof. Dr. Márcio Santos

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária  
da UFSC.

Romancini, José Afonso

DESENVOLVIMENTO DE PÁGINA WEB UTILIZANDO A  
EVOLUÇÃO DO AUTOMÓVEL COMO TEMA MOTIVACIONAL PARA O  
ENSINO DE FÍSICA / José Afonso Romancini ;  
orientador, Márcio Santos - SC, 2017.  
128 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e  
Matemáticas, Programa de Pós-Graduação em Física,  
Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Física. 2. Ensino de Física. 3. Tecnologia da  
informação e comunicação. 4. Motivação. 5. Automóvel.  
I. Santos, Márcio. II. Universidade Federal de  
Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Física.  
III. Título.

José Afonso Romancini

**DESENVOLVIMENTO DE PÁGINA WEB UTILIZANDO A  
EVOLUÇÃO DO AUTOMÓVEL COMO TEMA  
MOTIVACIONAL PARA O ENSINO DE FÍSICA**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de mestrado

Florianópolis, 15 de março de 2017.

---

Prof. Oswaldo de Medeiros Ritter, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Márcio Santos, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. José Ricardo Marinelli, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Frederico Firmo de Souza Cruz, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Este trabalho é dedicado a minha esposa Gisele e minha filha Alice, que foram complacentes durante os meus vários períodos de ausência.



## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de prestar os mais sinceros agradecimentos à todas as pessoas, físicas ou jurídicas, que contribuíram das mais diversas formas para que este mestrado pudesse ser desenvolvido de forma plena.

Agradeço a todos os professores, mas de forma especial aos professores Márcio Santos e José Ricardo Marinelli, pela atenção dispensada, manifestada especialmente na forma de incentivo ainda durante meu período como tutor UAB.

Agradeço também a CAPES pelo auxílio financeiro, sem o qual todo o deslocamento e estadia necessários às aulas não seriam possíveis, impedindo o completo desenvolvimento do curso.

Aos colegas que, além de partidários de um mesmo propósito, também foram companheiros e colaboradores para a solução dos diversos problemas que se apresentaram no decorrer deste mestrado.

À nossa família e amigos, que auxiliaram e compreenderam serenamente a necessidade da frequente ausência, sendo que por diversas vezes tiveram que assumir vários ônus que por justiça eram a mim designados.

Agradeço a Deus, Grande Arquiteto, Essência Cósmica, Alá, Tao (..) a oportunidade de compartilhar todas estas experiências com cada uma dessas pessoas ímpares.



O homem não é nada além daquilo que a  
educação faz dele.

(Immanuel Kant 1724-1804)



## RESUMO

Este trabalho registra o resultado de um experimento motivacional, com o intuito de utilizar um elemento do cotidiano, de conhecimento comum como suporte ao ensino de conteúdos da disciplina de Física. Apresentou-se como primeira parte do projeto o desenvolvimento de um objeto didático no formato de página web abordando os princípios físicos aplicados nas diversas tecnologias existentes nas fases da evolução dos automóveis, seguido de aplicação em sala de aula, avaliação discente e avaliação docente. São analisados aqui, principalmente, os processos qualitativos e quantitativos presentes no desenvolvimento da página web, o planejamento e aplicação de aulas utilizando os conteúdos da página, análise do impacto motivacional da proposta, evidenciado pelos alunos e comparação com a expectativa motivacional evidenciada pela avaliação docente.

**Palavras-chave:** Motivação; TIC; Automóvel; Tecnologia; Cotidiano.



## **ABSTRACT**

This work registers the result of a motivational experiment, with the intention of using an everyday element of common knowledge as a support to the teaching of contents of the discipline of physics. The first part of the project was the development of a didactic object in the form of a web page addressing the physical principles applied in the various technologies existing in the automobile evolution stages, followed by application in the classroom, student evaluation and teacher evaluation. The qualitative and quantitative processes present in the development of the web page, the planning and application of lessons using the contents of the page, analysis of the motivational impact of the proposal, evidenced by the students and comparison with the motivational expectation evidenced by the teacher evaluation are analyzed.

**Keywords:** Motivation; ICT; Car; Technology; Daily.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Página principal do editor Blogger.
- Figura 2 – Página principal da página web.
- Figura 3 – Comando HTML para endereço HTTP externo.
- Figura 4 – Comandos HTML para construção de tabela.
- Figura 5 – Comandos HTML para construção de janela.
- Figura 6 – Comandos HTML para construção de janela apresentando conceitos.
- Figura 7 – Comandos HTML para execução de elementos incorporados.
- Figura 8 – Gráfico de pressão x volume para a máquina de Watt.
- Figura 9 – Carroça a vapor de Cugnot.
- Figura 10 – Argumento histórico para a máquina de Cugnot.
- Figura 11 – Argumentação teórica para a máquina de Watt.
- Figura 12 – Animação em vídeo para a carroça de Cugnot – alimentação de vapor.
- Figura 13 – Animação em vídeo para a carroça de Cugnot – ação dos atuadores.
- Figura 14 – Animação interativa para a máquina de Watt.
- Figura 15 – Animação interativa para a máquina de Watt – sistema de controle dos atuadores.
- Figura 16 – Veículo a gasolina de Benz.
- Figura 17 – Argumento histórico para o veículo de Benz.
- Figura 18 – Argumentação teórica para o motor de ciclo Otto.
- Figura 19 – Animação interativa para o motor de ciclo Otto.
- Figura 20 – Animação interativa para motor de ciclo Otto com explicações.

Figura 21 – Animação em vídeo para motor de ciclo Otto com explicações.

Figura 22 – Veículo com motor de dois tempos de Etienne Lenoir.

Figura 23 – Argumento histórico para o veículo de Etienne Lenoir.

Figura 24 – Argumentação teórica para funcionamento do motor de dois tempos.

Figura 25 – Caminhão de Benz com motor de ciclo Diesel.

Figura 26 – Argumento histórico para o caminhão de Benz.

Figura 27 – Argumentação teórica para o motor de ciclo Diesel.

Figura 28 – Animação interativa para motor de ciclo Diesel.

Figura 29 – Animação em vídeo para motor de ciclo Otto com explicações.

Figura 30 – Animação interativa comparando o funcionamento do motor de ciclo Diesel com o funcionamento do motor de ciclo Otto com explicações.

Figura 31 – Resposta dos professores a proposição 10 do questionário.

## **LISTA DE TABELAS**

- Tabela 1 – Resposta dos alunos a proposição 01 do questionário.
- Tabela 2 – Resposta dos alunos a proposição 02 do questionário.
- Tabela 3 – Resposta dos alunos a proposição 03 do questionário.
- Tabela 4 – Resposta dos alunos a proposição 04 do questionário.
- Tabela 5 – Resposta dos alunos a proposição 05 do questionário.
- Tabela 6 – Resposta dos alunos a proposição 06 do questionário.
- Tabela 7 – Resposta dos alunos a proposição 07 do questionário.
- Tabela 8 – Resposta dos alunos a proposição 08 do questionário.
- Tabela 9 – Resposta dos alunos a proposição 09 do questionário.
- Tabela 10 – Resposta dos professores a proposição 01 do questionário.
- Tabela 11 – Resposta dos professores a proposição 02 do questionário.
- Tabela 12 – Resposta dos professores a proposição 03 do questionário.
- Tabela 13 – Resposta dos professores a proposição 04 do questionário.
- Tabela 14 – Resposta dos professores a proposição 05 do questionário.
- Tabela 15 – Resposta dos professores a proposição 06 do questionário.
- Tabela 16 – Resposta dos professores a proposição 07 do questionário.
- Tabela 17 – Resposta dos professores a proposição 08 do questionário.
- Tabela 18 – Resposta dos professores a proposição 09 do questionário.



## **LISTA DE ABREVIATURAS**

BNCC – Base Nacional Curricular Comum

GPS – Global Positioning System

HTML – Hyper Text Markup Language

HTTP – Hyper Text Transfer Protocol

IEEE – Institute of Electrical and Electronic Engineers

MIT – Massachusetts Institute of Technology

MEC – Ministério da Educação e Cultura

PxV – Pressão versus Volume

PCN – Parametros Curriculares Nacionais

PCNEM – Parametros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio

SWF – Shockwave Flash

TIC – Tecnologias da Informação e Comunicação



## **ANEXOS**

Anexo 01 – Exemplo de código html gerado para layout da página principal

Anexo 02 – Opções de edição do layout da página principal disponibilizadas pelo Blogger editor

Anexo 03 – Opções de edição do layout da página principal disponibilizadas pelo Blogger editor (continuação)

Anexo 04 – Opções de edição do layout da página principal disponibilizadas pelo Blogger editor (continuação)

Anexo 05 – Código HTML gerador de programação para página principal



## **APÊNDICE**

Apêndice 01 – Plano de aula desenvolvido para a apresentação

Apêndice 02 – Questionário aplicado aos alunos

Apêndice 03 – Questionário aplicado aos professores

Apêndice 04 – Produto educacional - Sequência educacional utilizando objetos de tecnologia da informação e comunicação para o ensino da termodinâmica



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>01</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>03</b>
2.1. Objetos de aprendizagem .....	05
2.2. Aprendizagem significativa .....	06
2.3. Motivação .....	07
<b>3. AMBIENTE EDUCACIONAL: UMA ANÁLISE DA REALIDADE CONTEMPORÂNEA REFERENTE AO USO DE NOVAS TECNOLOGIAS POR DISCENTES E DOCENTES ....</b>	<b>11</b>
3.1. A infiltração das novas tecnologias na sociedade e o uso delas por parte dos alunos .....	12
3.2. A Aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Física por Parte dos Professores e os Fatores Determinantes Neste Processo .....	13
<b>4. DESENVOLVIMENTO DE UM SITE UTILIZANDO A EVOLUÇÃO DO AUTOMÓVEL COMO SUPORTE PARA O APRENDIZADO DOS CONTEÚDOS DA DISCIPLINA DE FÍSICA .....</b>	<b>17</b>
4.1. Breve análise da relação existente entre a evolução do automóvel e história da ciência .....	17
4.2. Sobre a linguagem de programação .....	21
4.3. Sobre a hospedagem do site .....	21
4.4. Estruturação e layout .....	23
4.5. Fontes, links incorporados e links direcionados .....	28
<b>5. APLICAÇÃO EM SALA E AVALIAÇÃO DOS DISCENTES .....</b>	<b>29</b>
5.1. Planejamento da aula .....	29

5.2. Aplicação .....	46
5.3. Análise dos resultados .....	48
<b>6. AVALIAÇÃO DOS DOCENTES .....</b>	<b>61</b>
6.1. Aplicação .....	61
6.2. Análise dos resultados .....	62
<b>7. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS: DISCENTES X DOCENTES .....</b>	<b>73</b>
7.1. Com relação ao ambiente das aulas .....	73
7.2. Da validade da proposta como elemento contextualizador do cotidiano na disciplina de Física .....	74
7.3. Da validade da proposta como elemento motivacional .....	74
7.4. Da contribuição da proposta para um melhor entendimento dos conteúdos da disciplina .....	75
7.5. Da validade da proposta como elemento incentivador ao estudo de temas da história da ciência e sociedade .....	75
7.6. Da validade da proposta de construção do site .....	76
<b>8. ALTERAÇÕES PROPOSTAS .....</b>	<b>79</b>
<b>9. CONCLUSÃO .....</b>	<b>81</b>
<b>10. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>83</b>
<b>11. ANEXOS .....</b>	<b>87</b>
<b>12. APÊNDICE .....</b>	<b>113</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Vivemos cercados de tecnologias e não podemos negar que todo o conforto e segurança que a humanidade desfruta na época contemporânea estão firmemente alicerçados sobre os avanços tecnológicos. Na realidade, de um ponto de vista histórico, podemos confirmar que cada passo que a espécie humana dava em direção ao seu desenvolvimento era antes precedido por alguma espécie de técnica inovadora, seja em campos sociais, naturais ou filosóficos.

Entretanto não se pode negar que, apesar de as novas tecnologias serem aplicadas e utilizadas amplamente pela população, poucos são os que dentre estes tem conhecimento mínimo dos princípios naturais que as sustentam. Isto não é fato novo, apresenta-se desde o início da fundição dos metais e chega até a modulação de ondas eletromagnéticas atual, passando inclusive pela criação do automóvel. Tentando desenvolver um trabalho que possibilitasse um auxílio para quebrar este estigma de desconhecimento, visualizamos exatamente a evolução do automóvel como tema adequado à contextualização entre argumento científico e utilização prática.

O automóvel foi uma das principais ferramentas responsáveis pelo desenvolvimento no século XX e continua sendo usado hoje no cotidiano de forma imprescindível. É praticamente impossível imaginar o transporte de pessoas e a logística atual de distribuição de produtos sem a existência do automóvel.

Além disso, o fato de o automóvel não ter permanecido como uma ferramenta estática, no que tange aos seus melhoramentos, também permite que se faça um paralelo entre o conhecimento científico experimentado em cada época e os avanços tecnológicos associados a ele. Verdadeiramente, no automóvel e em seus sistemas podemos encontrar inúmeros argumentos para a contextualização de conteúdos da disciplina de Física, desde a termodinâmica até a relatividade, passando por eletricidade e hidrostática.

O desenvolvimento destes argumentos, usando-os como conteúdo em uma página web, também contribui para uma assimilação mais natural do conteúdo, pois utiliza um meio familiar aos alunos como forma de abordagem.

Mesmo sabendo que o potencial do experimento apresenta-se além do horizonte por nós visualizado, esperamos que os procedimentos que adotamos e conhecimentos que abordamos para a constituição deste trabalho possam permitir um acréscimo no contexto didático das aulas de Física, pelo menos representando uma nova possibilidade de abordagem dos conhecimentos da disciplina.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nas últimas décadas temos vivenciado uma contínua e progressiva revolução no que podemos chamar de estilo de vida das pessoas. Mudanças de ordem científica, cultural, econômica e ambiental promoveram alterações cada vez mais dinâmicas nas rotinas e valores cotidianos.

Dentro deste contexto vemos também a natureza do ato docente ser alterada, onde o professor perde o status de detentor do saber e passa a ser um guia no caminho dos estudos. Da mesma forma, o conteúdo também deixa de ser verdade indiscutível e axiomática e passa a ser questionado e discutido abertamente. A classe torna-se um espaço de socialização cultural, o qual, além do desenvolvimento cognitivo, transmite fortes e duradouras lições afetivas (RYAN & STILLER, 1991).

É necessidade do professor estar preparado para interagir dentro destes novos paradigmas, a fim de que possa transpor as barreiras que se apresentam dentro desta nova realidade, mantendo a validade do ato docente, a coerência e a representatividade dos conhecimentos transmitidos.

Um dos grandes obstáculos observados no aprendizado dos conteúdos por parte dos alunos reside exatamente na dificuldade da visualização, por parte destes, da aplicabilidade cotidiana destes conhecimentos. Tal fato é bem conhecido pelos professores e por todos os integrantes da estrutura docente. Tanto que os recentes planos curriculares como PCN, PCNEM e BNCC levam esta realidade em consideração, de forma que podemos claramente identificar, em suas propostas explícitas de interdisciplinaridade, uma tentativa de interligar os conhecimentos pertencentes às várias disciplinas, tanto entre si quanto com a realidade social e cultural dos educandos.

Em parte pode parecer-nos até uma espécie de paradoxo o fato identificado da não transposição dos conhecimentos para o mundo cotidiano, pois o conhecimento físico é exatamente o elemento motor para todo o desenvolvimento tecnológico experimentado pelo mundo contemporâneo. O que devemos considerar, entretanto, é que cada indivíduo interage de uma forma diferente com o conhecimento (BRUNER, 1991). O que ocorre, entretanto, parece ser uma alienação

consciente, onde os indivíduos já se acostumaram a utilizar equipamentos com tecnologias, desde as mais simples até as mais avançadas, sem manifestar interesse de conhecer o princípio base de seu funcionamento. Isso pode ter origem no fato de que, existindo em contexto onde a tecnologia apresenta-se como lugar comum, esta passa a não ser algo excitante, ou melhor dizendo, extraordinário para o indivíduo, sendo que os motores e princípios necessários ao funcionamento de cada um dos sistemas utilizados acabam sendo admitidos como triviais, mesmo que sua essência escape totalmente ao conhecimento do vulgo.

Um dos principais desafios dos docentes das disciplinas de ciências chamadas naturais é redespertar o entusiasmo nos alunos, o que necessariamente passa por uma total mudança de visão por parte dos discentes, postura esta que deve ser assumida por opção própria, motivada por incentivo e nunca por pressão. É tarefa do ensino selecionar estratégias, através das quais se possam socializar os alunos a desenvolverem propósitos, metas, expectativas, crenças e emoções que resultem numa motivação positiva para a aprendizagem (GUIMARÃES, 2001).

“Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” (BRASIL, 2006, p. 61)

Uma das opções que o professor dispõe para esta campanha é a utilização de ferramentas as quais já possuem validade segura e manifesta no contexto social dos alunos. Para levar os estudantes a querer aprender é necessário criar um clima encorajador da sua iniciativa e autoexpressão e que seja sensível às suas necessidades internas e expectativas pessoais (RYAN; STILLER, 1991). Devemos, ainda, considerar que um elemento que será efetivamente facilitador neste processo é a universalidade de acesso à ferramenta determinada.

Foi sob esta perspectiva que identificamos como opção ao nosso projeto a construção de uma página web com intuito de publicação e disseminação de conceitos físicos aplicados ao cotidiano. Mas para isso era necessário identificar um objeto relativamente comum, preferencialmente onipresente e tangente a todas as classes sociais e culturais, que seria o tema axial para o desenvolvimento da

citada página. Dentro desta realidade e neste contexto identificamos como tema apropriado e coerente a abordagem da evolução do automóvel sob o ponto de vista da Física, fazendo-se também uma contextualização histórica e social dos eventos associados.

Um dos fatores que motivaram a adoção do automóvel como tema foi o fato de que este, desde sua criação, não existiu como ferramenta estática cronologicamente falando. Desde o seu início, como uma simples carroça automotriz, esta ferramenta vem evoluindo progressivamente, assimilando e absorvendo novas tecnologias que tem-lhe permitido aumentar sua amplitude de aplicação e acrescido conforto e segurança aos seus usuários, chegando aos dias atuais com íntima ligação com as mais recentes tecnologias e carregando em si exemplos para muitos dos principais e mais atuais argumentos científicos.

Para aumentar a ludicidade e promover uma assimilação mais natural dos conceitos abordados fez-se o uso de diversas formas de mídia (as TICs) como animações, simulações e vídeos, de forma a apresentar visualmente exemplos dos argumentos apresentados.

Considerando-se o fato de que o automóvel possui uma representação peculiar dentro do contexto social e cultural, consideramos também o caráter potencial motivacional em nossa opção adotando-o como objeto de estudo.

Conforme Guimarães (2004), a motivação está diretamente ligada com relação estabelecida entre o conteúdo e o cotidiano do aluno, bem como sua representatividade. Nossa proposta tenta fazer exatamente esta função, apresentar a validade do conhecimento no dia a dia do aluno, usando o automóvel como ponte para este objetivo.

## **2.1. Objetos de aprendizagem**

Para a definição do que vem a ser um objeto de aprendizagem podemos inicialmente adotar a definição mundialmente apresentada pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), segundo o qual objeto de aprendizagem vem a ser qualquer entidade, digital ou não, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada no processo de aprendizagem apoiada por tecnologias (BARKER, 2004). Podem

apresentar-se como simulações, animações, vídeos, áudios, páginas web e arquivos multimídia dentre outros. Uma outra definição apresentada por Wiley traz uma definição segundo a qual um objeto didático é *“qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem”* (WILEY, 2000).

Uma das principais características dos objetos didáticos é seu potencial de reutilização, permitindo que este seja usado infinitas vezes e nos mais variados contextos de ensino. Esta característica está diretamente ligada a um conceito denominado granularidade do objeto. Segundo este conceito, quanto mais específico é um objeto e menor o número de objetivos maior será sua granularidade e seu potencial de aplicação.

Podemos encontrar exemplos de repositórios digitais de objetos didáticos na internet, em sites como o Phet, repositório de objetos criado pelo MIT em formato Java (endereço [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)), ou então o Banco Internacional de Objetos educacionais do MEC (endereço <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>).

## **2.2. Aprendizagem significativa**

A teoria da aprendizagem significativa foi apresentada inicialmente em 1963 por David Paul Ausubel. Seu conceito consiste na reconfiguração de ideias já existentes por parte do aluno em sua estrutura mental de forma que com isso seja capaz de acessar novos conhecimentos. Para que haja aprendizagem significativa em um processo de ensino é necessário que o aluno possa efetivamente relacionar o que aprendeu com o conjunto de conhecimentos que já possuía previamente. Neste contexto, a aprendizagem residual (a aprendizagem que fica após o processo instrucional) é consideravelmente maior quando comparada a aprendizagem mecânica (SOUZA, 2010).

O conceito de aprendizagem mecânica apresentado por Ausubel refere-se à aprendizagem que ocorre sem interação com os conceitos anteriormente existentes na estrutura cognitiva. A estrutura de conhecimento pré-existente que interagirá com a nova informação a fim de formar uma nova estrutura é denominada de subsunção. Ocorre que,

se houve efetivamente aprendizagem significativa, ao final do processo existirá um novo subsunçor que será o antigo subsunçor modificado pela nova informação a ele associada. Este processo de associação e modificação é chamado por Ausubel de ancoragem.

No contexto da aprendizagem significativa o interesse do aluno é fator determinante no processo. Conforme Ausubel (MOREIRA, 1999), o aluno só aprende significativamente se apresentar uma pré-disposição para tal. Assim, é determinante no processo de ensino e aprendizagem que existam elementos que possam despertar o interesse dos alunos com relação aos conteúdos das disciplinas. Uma boa opção para isso é trazer elementos existentes no cotidiano do aluno e, preferencialmente com representatividade social/cultural.

### **2.3. Motivação**

É fato conhecido que a motivação ao aprendizado em sala de aula por parte dos alunos é o resultado da combinação de inúmeras variáveis, compostas por fatores oriundos internamente ao sistema escolar e também de fatores de origem externa. Variáveis externas à escola são comumente localizadas fora do alcance de ação do docente, entretanto as variáveis internas ao ambiente escolar são também sobremaneira importantes no processo de motivação e devem ser trabalhadas corretamente pelo docente.

Do ponto de vista motivacional, o que é uma experiência marcante para um indivíduo em si pode representar uma iniciativa apática para outro. É evidente que a motivação escolar é algo complexo, dependente de uma variedade de fatores subjetivos. Não se pode negar que há limites para se alterar o fato de que o aluno é alguém que se move por diversos motivos e emprega intensidades diferentes de energia nas tarefas ou disciplinas que realiza (LABURÚ, 2006 p.386).

“[...]é tarefa do ensino selecionar estratégias, através das quais se possam socializar os alunos a desenvolverem propósitos, metas expectativas, crenças e emoções que resultem numa motivação positiva para a aprendizagem.” (GUIMARÃES, 2001)

Estudos acerca da motivação nos processos de ensino e aprendizagem registram que esta pode apresentar-se de duas origens: intrínseca e extrínseca. Chama-se motivação intrínseca aquela que tem origem interna, que não traz recompensas externas, tendo origem nos interesses, gostos e vontade de satisfação do indivíduo. Por sua vez, a motivação dita extrínseca, é aquela que tem origem em interesses externos, como recompensas financeiras, reconhecimento social ou notas em avaliações:

“Quando se fala em garantir o sucesso no ensino aprendizagem, deve-se levar em conta que as realidades, os anseios e as necessidades não são as mesmas, existe uma diversidade muito grande entre nossos alunos.” (SANTOS; LIMA, 2014)

Segundo Guimarães (2001), os esforços educacionais devem, prioritariamente, almejar a motivação intrínseca:

“Envolver-se em atividades por razões intrínsecas gera maior satisfação e há indicadores que esta facilita a aprendizagem e o desempenho. Estes resultados devem-se ao fato de que, estando assim motivado o aluno opta por aquelas atividades que assinalam oportunidade para o aprimoramento de suas habilidades, focaliza a atenção nas instruções apresentadas, busca novas informações, empenha-se em organizar o novo conhecimento de acordo com seus conhecimentos prévios, além de tentar aplicá-lo a outros contextos.” (GUIMARÃES, 2001, p.38)

Para Ausubel, a aprendizagem dos alunos do ensino fundamental se torna mais significativa quando os novos conhecimentos, trabalhados pelo professor, venham a se relacionar e a interagir com a estrutura cognitiva existente somando e servindo de suporte para novas informações.

Em um momento contemporâneo em que a tecnologia tem inserção e representatividade social de forma extremamente dinâmica, não existem mais argumentos para manter as aulas alheias a esta realidade. Exemplificando, temos o argumento de Jucá (2006) o qual afirma que os softwares educativos estão se tornando uma solução

incontestável, à medida que são empregados na simulação, substituindo sistemas físicos reais.

Uma das opções existentes neste contexto, que pode contribuir de forma extremamente positiva à assimilação dos conteúdos, é o uso de objetos didáticos, apresentando-se nos formatos de simulações, animações, vídeos e hipertextos, disponíveis muitas vezes de forma gratuita na internet e possuindo, inclusive, endereços específicos para distribuição. Imagina-se que uma iniciativa proveitosa seria associar uma ação motivacional que programasse a utilização de TICs dentro do contexto das aulas, a fim de representar um elemento reforçador do conteúdo. Dessa forma o espectro motivacional das aulas seria ampliado, alcançando mais alunos.



### **3. AMBIENTE EDUCACIONAL: UMA ANÁLISE DA REALIDADE CONTEMPORÂNEA REFERENTE AO USO DE NOVAS TECNOLOGIAS POR DISCENTES E DOCENTES**

Em uma sociedade cada vez mais associada à informação e dependente da tecnologia é realmente muito estranho que a maioria das pessoas não tenha desenvolvido a habilidade de usar as ferramentas digitais como objeto de aprendizado.

As TIC e sua utilização pelos professores são temas comuns de discussão e argumento de diversos artigos, mas o que se vê na prática é que a maioria dos professores opta por não utilizá-las no cotidiano da sala de aula, ou quando o faz, torna essa poderosa ferramenta apenas em instrumento lúdico, agindo de forma complementar ao conteúdo apresentado.

“A simples existência dessas novas tecnologias num processo didático-pedagógico, não o torna mais rico, estimulante, desafiador e significativo para o aprendiz. Não saber adequar o uso pedagógico das novas tecnologias, significa permanecer tradicional usando novos e emergentes recursos.”(SENA DOS ANJOS, 2008)

Os motivos para esta realidade são os mais variados, desde a falta de habilidade do professor para interagir com o computador, passando pela necessidade da alteração de uma ementa muitas vezes já consolidada sob seu ver, até o simples desinteresse e falta de vontade de melhorar suas aulas. Ocorre assim que muitas vezes a experiência no laboratório de informática acaba sendo um momento decepcionante, tanto para o professor quanto para os alunos.

Os alunos por sua vez carregam consigo uma das mais poderosas e potencialmente libertadoras ferramentas para o aprendizado: o smartfone. Com a evolução tecnológica chegamos aos dias atuais onde a capacidade de processamento de dados de um simples telefone pode superar facilmente a capacidade de processamento que os computadores pessoais alcançavam menos de quinze anos atrás. Os alunos têm ao seu dispor acervos das mais variadas culturas: bibliotecas on-line, enciclopédias digitais, simulações, artigos e anais de congressos inteiros, trabalhos em acervos das mais diversas universidades.

Entretanto, observa-se que a maior parte destes prefere utilizar seu aparelho apenas para amenidades, como participação em redes sociais e compartilhamento de notícias e arquivos que pouco contribuem para o seu desenvolvimento, sendo que muitas vezes ainda atuam como promotores de preconceitos e desrespeito.

Além desta perspectiva de utilização inadequada destas ferramentas, o que vemos é a falta de um elo de sincronismo entre professores e alunos, elo este que permita que as ações docentes sejam planejadas e desenvolvidas de forma que seu conteúdo e ação sejam elementos efetivamente motivadores ao aprendizado dos alunos e que os alunos, por sua vez, possam usar estes conhecimentos como ferramentas para a construção de uma realidade social, cultural e tecnologicamente melhor em seus meios.

### **3.1. A infiltração das novas tecnologias na sociedade e o uso delas por parte dos alunos**

Quando se fala de novas tecnologias de comunicação as primeiras imagens que se apresentam à mente são páginas de internet e aplicativos relacionados a redes sociais, talvez pela grande popularização e representatividade que estas alcançaram no cotidiano contemporâneo. Entretanto deve-se lembrar que esta é apenas uma das facetas e que outras mudanças também tiveram profunda relevância na nova estruturação cultural contemporânea. Um exemplo bem claro manifesta-se com relação à disponibilidade da informação.

Com o desenvolvimento de sistemas de formatação de arquivos compactos, como é o caso de arquivos no formato portable document format, (PDF) a disponibilidade de livros na rede mundial de computadores cresceu exponencialmente.

Livros, revistas, periódicos e as mais diversas formas de informação tornaram-se disponíveis rápida e gratuitamente através de páginas e sites na internet. Registros que há alguns séculos eram guardados a sete chaves podem agora ser consultados livremente e em poucos instantes.

“A comunicação na internet tem características próprias. Os usuários são membros de uma comunidade virtual e protegem a qualidade dessa comunicação. A informação é o grande produto [...] É um novo paradigma que se estabelece, em que a interatividade, a resposta imediata, a relação entre as partes são o marco.” (CIANCONI, apud PESSOA, 2002, p. 120)

Socialmente, um reflexo que podemos observar desta nova realidade é a grande diminuição do número de livrarias. Entretanto toda essa liberdade nem sempre é aproveitada de forma construtiva. Na verdade é extremamente comum que as pessoas desconsiderem todas estas possibilidades e gastem a maior parte do seu tempo conectado com trivialidades e informações pouco construtivas. Além disso, deve-se ressaltar o fato de que nem todo o material disponibilizado por estes meios tem sua origem em fontes confiáveis.

Neste contexto, quando consideramos os alunos de ensino médio o que vemos é que esta realidade torna-se ainda mais evidente. No que tange às informações, Sena dos Anjos (2008) afirma que cabe ao professor, pedagogicamente, enriquecê-las, atribuindo-lhes significados, relacionando-as com outros conteúdos, com a cultura dos aprendizes e suas experiências de vida. Manifesta-se, assim, uma nova demanda da função de professor, a de dar significado às informações e orientar caminhos para a aquisição do conhecimento.

### **3.2. A Aplicação das Tecnologias da Informação e Comunicação no Ensino de Física por Parte dos Professores e os Fatores Determinantes Neste Processo**

Os alunos contemporâneos já assimilaram as tecnologias, utilizando-as naturalmente em suas tarefas diárias. Mas os professores, será que estão preparados para assimilar e aproveitar estas ferramentas? Verdadeiramente o que vemos é que existe um enorme atraso entre a forma que os alunos interagem com a tecnologia no cotidiano e como os professores a aplicam como ferramenta em suas aulas.

O motivo desta inércia por parte dos docentes, para a adoção das TICs em suas aulas, provém de diversas origens.

Alguns professores não se sentem aptos ou suficiente para operar equipamentos digitais e acabam preferindo apenas não usar estas ferramentas.

“Sentar-se no banco de uma sala de aula e tornar-se novamente um ‘aluno’ talvez seja uma situação não muito confortante para um professor que pensa já saber o suficiente para ensinar, e mudar a sua práxis, talvez, seja para ele uma mudança desnecessária. Ele já está acostumado com as suas estratégias de ensino que qualquer mudança, e principalmente uma mudança ‘tecnológica’, trará consigo novos desafios que deverão ser enfrentados e que muitas vezes são encarados como verdadeiros bichos de sete cabeças.” (NASCIMENTO, 2001, p. 55-56)

Toda mudança demanda esforço, e alguns professores encontram-se confortáveis com o status quo de suas aulas, preferindo “manter como está” ao invés de aventurarem-se a fazer o uso de novas tecnologias.

“Se, por um lado, o uso das TIC na educação pode-se constituir em dispositivos que facilitam o trabalho do professor e da escola, por outro pode significar para o docente um grande desafio, pois requer dele novas competências para saber lidar com novas exigências, além de uma postura diferenciada daquela usada nas aulas tradicionais.” (SENA DOS ANJOS, 2008)

Em muitos casos a estrutura da escola também é um elemento determinante no desinteresse por parte dos professores no uso de TICs. É comum que em muitos estabelecimentos o laboratório de informática encontre-se sucateado ou mesmo ausente, sendo ainda que em muitos casos onde ele existe e apresenta-se operacional não existem técnicos responsáveis pela preparação dos equipamentos para as aulas programadas. Conforme Sena dos Anjos (2008), escolas que dispõe de bons laboratórios e modernos equipamentos que são utilizados como instrumentos e recursos que engrandecem o processo educativo e contribuem para a construção de conhecimentos, com certeza constituem uma minoria. Esta realidade faz com que muitos professores desistam de aplicar as TIC em suas aulas, tendo como argumento a

grande quantidade de tempo despendida na preparação dos equipamentos, além da necessidade de replanejamento de suas aulas.

O fato é que, se por um lado os alunos atuais já não demonstram o mesmo entusiasmo pelas aulas de laboratório, de outro lado os professores questionam se todo o ônus da programação de uma aula em um ambiente diverso e com um planejamento totalmente diferente é válido do ponto de vista motivacional para o aluno.



## **4. DESENVOLVIMENTO DE SITE UTILIZANDO A EVOLUÇÃO DO AUTOMÓVEL COMO SUPORTE PARA O APRENDIZADO DOS CONTEÚDOS DA DISCIPLINA DE FÍSICA**

O desenvolvimento de um endereço na internet como objeto didático trás o intuito de, ao mesmo tempo, potencializar o poder de uma fonte de informação dinâmica e livre, e incitar no aluno (ou simples visitante) o interesse pela pesquisa e aprofundamento tanto nas aplicações praticas e cotidianas dos conceitos físicos quanto em temas de história da ciência e sua contextualização social.

### **4.1. Breve análise da relação existente entre a evolução do automóvel e história da ciência e sociedade**

A docência das disciplinas dito exatas sempre foi um desafio. O que soa mais paradoxal é exatamente o fato de que estes conhecimentos são os alicerces de todo o desenvolvimento científico contemporâneo, responsável por todas as mudanças sociais e culturais que experimentamos hoje. Vê-se pessoas embarcando em vôos de longa distância, comunicando-se através de e-mails, dirigindo automóveis e utilizando o GPS sem ao menos indagarem quais forças naturais lhes permitem a execução destas tarefas. Nos colégios pode-se ver diariamente um sem fim de alunos utilizando telefones ou equipamentos wifi para a comunicação, sem que ao menos manifestem o interesse por saber como a modulação de ondas eletromagnéticas lhes da o poder de receber mensagens, imagens, vídeos instantaneamente e sem qualquer fio.

Quando se fala em história da ciência manifesta-se mais um agravante, visto que tal contexto demanda uma ação no sentido de interdisciplinaridade, ou seja, um conhecimento bem estruturado e coerente das disciplinas de história que possibilite uma interpretação crítica dos fatos, possibilitando assim uma interpretação de como estes fatos foram relevantes para a forma como se deu o desenvolvimento científico.

Um exemplo bastante explícito desta relação repousa exatamente sobre o objeto de nosso trabalho, o automóvel. A origem do

automóvel é, se não explicitamente, mas certamente de uma forma implícita, resultado de uma demanda social tecnológica.

Com a primeira revolução industrial viu-se o fim das manufaturas e a instalações das primeiras fábricas. A máquina a vapor e a mecanização dos sistemas fabris começaram a substituir de forma extremamente eficaz a força humana e animal, até então utilizadas. Podemos ver o primeiro automóvel controlado, desenvolvido por Nicolas Cugnot, como um exemplo desta realidade. O automóvel desenvolvido por Cugnot, um engenheiro militar, utilizava a principal fonte motriz de sua época, o vapor, para transportar os pesados canhões do exercito francês. Desta forma ele estava aplicando os conhecimentos termodinâmicos recentemente descobertos para amenizar o peso das tarefas de seus soldados.

Com a criação da locomotiva à vapor viu-se um enorme avanço no transporte coletivo de pessoas e de cargas. Entretanto até a segunda metade do século XIX não existia um sistema consolidado para o transporte particular. Vários veículos protótipos foram desenvolvidos utilizando propulsores dos mais variados, desde carvão mineral até hidrogênio, mas nenhum conseguiu se estabelecer como modelo definitivo. A tecnologia avançava e com os novos conhecimentos termodinâmicos desenvolvidos por pesquisadores como Carnot, Maxwell e Boltzmann as máquinas térmicas estavam se tornando cada vez menores e mais eficientes.

Foi neste contexto que o alemão Karl Benz desenvolveu, em 1886, o que podemos chamar de primeiro carro moderno. Seu automóvel era, na verdade um triciclo que utilizava como propulsor um motor de quatro tempos movido à gasolina, desenvolvido dez anos antes pelo também alemão Nikolaus Otto. O veículo de Benz foi o primeiro especificamente projetado para ser um produto comercializável e o motor de ciclo Otto segue sendo usado até hoje na maioria dos automóveis de pequeno e médio porte, com as devidas melhorias, certamente.

Graças aos estudos de pesquisadores como Michael Faraday, James Maxwell e Nikola Tesla, dentre vários outros, o século XX iniciou-se tendo a eletricidade como mais uma opção de energia aplicável para o benefício humano. Fazendo também uso das novas tecnologias, os automóveis começaram a aplicar a eletricidade em seus

sistemas, como no caso do Cadillac 1910, primeiro automóvel a utilizar um farol com acendimento elétrico.

Desenvolvendo uma rápida análise social, vemos que as inovações sempre foram disponibilizadas primeiramente para as classes de poder financeiro elevado, para depois serem disponibilizadas para o público comum. O farol automobilístico é um exemplo deste argumento, pois na época os Cadillac eram considerados carros de luxo.

Ao contrário do que é comum pensar, a tecnologia dos automóveis elétricos não é recente. Até o conceito da reutilização da energia cinética gerada pelo movimento do veículo para o carregamento das baterias já era conhecida desde o século XIX. De fato, os veículos elétricos já foram fortes concorrentes dos automóveis de combustão interna. Podemos tomar como exemplo a cidade de Nova York: em 1903 havia cerca de quatro mil automóveis registrados, sendo 53% a vapor, 27% a gasolina e 20% elétricos. Em 1912 a frota de carros elétricos naquela cidade atingiu o ápice de trinta mil unidades (BARAN; LEGEY, 2014, p. 213). A partir da década de trinta, o número de automóveis elétricos começou a diminuir, ao ponto de praticamente desaparecer ao fim do século XX.

No início do século XX a produção em série de mercadorias trouxe para a economia uma nova dinâmica em que a distribuição de produtos sofria uma demanda por tornar-se cada vez mais rápida e eficiente. Foi nesse contexto que Karl Benz mostrou ser realmente um visionário em relação a sistemas propulsores: em 1923 sua empresa lançou ao mercado o primeiro caminhão com motor Diesel.

O motor de quatro tempos ciclo Diesel foi patenteado em 1897 por Rudolf Diesel e apresenta uma construção mais robusta, maior simplicidade e maior eficiência termodinâmica quando comparado ao motor quatro tempos ciclo Otto. Para isso Diesel trabalhou com uma propriedade bem característica do combustível propulsor de seu sistema: a temperatura de ignição. Isto fez com que pudesse eliminar de seu motor todo o sistema de ignição. Cabe aqui um comentário histórico-cultural acerca de Rudolf Diesel, que desapareceu sob circunstâncias estranhas em 1913 durante uma viagem no canal da Mancha, viagem durante a qual vendeu a patente de sua invenção.

Pesquisas acerca de materiais semicondutores, inicialmente identificados por Michael Faraday, permitiram que na quinta década do século XX os físicos John Bardeen e Walter Houser Brattain desenvolvessem nos laboratórios da Bell Telephone o componente responsável por uma revolução na eletrônica: o transistor. O transistor foi o substituto das válvulas termiônicas, ocupando um espaço infinitamente menor e permitindo a miniaturização dos equipamentos eletrônicos. Graças a esta revolução computadores que antes ocupavam o espaço de um galpão inteiro puderam evoluir a ponto de tornarem-se dispositivos portáteis. A indústria automobilística também se apropriou das vantagens dos transistores, e em 1958 a Volkswagen já utilizava sistemas eletronicamente controlados para a injeção de combustível em alguns de seus automóveis esportivos.

Aqui temos também uma manifestação de como a cultura é elemento determinante na adoção de novas tecnologias, pois mesmo possuindo grandes vantagens em relação aos sistemas mecânicos de injeção de combustível, levou-se mais de quatro décadas até que o sistema eletrônico de injeção de combustível estivesse consolidado na indústria automobilística. Tal atraso tem por argumento o fato de que os carburadores, componentes mecânicos, ainda eram vistos como mais robustos em comparação a um sistema adotando componentes eletrônicos, considerados mais sensíveis e frágeis.

Das várias teorias físicas desenvolvidas no decorrer do século XX, uma das mais revolucionárias foi a teoria da relatividade, proposta por Albert Einstein em 1905 na forma de relatividade restrita e em 1915 de forma da relatividade geral. A relatividade de Einstein quebrou as concepções de espaço e tempo, fundamentais às proposições da mecânica newtoniana, obrigando a ciência a buscar novos paradigmas.

Apesar de aparentemente paradoxal, a teoria da relatividade tem demonstrado cada vez mais sua validade, sendo aplicada em inúmeros dos sistemas tecnológicos usados diariamente. Um exemplo ocorre na utilização de satélites, onde graças à grande distância ao centro de massa terrestre, e a enorme velocidade orbital, fazem-se necessárias correções acerca das distorções do fluxo do tempo. Essas correções são fundamentais quando da utilização de sistemas de posicionamento georeferenciado, GPS, também atualmente instalados em automóveis, pois as distorções de valores devidos à diferença entre o relógio do

satélite e os relógios em terra ocasionariam erros de localização superiores a dez quilômetros.

Mesmo através de uma rápida análise podemos claramente identificar que as teorias científicas são os alicerces que possibilitam à humanidade os avanços tecnológicos e subseqüente avanços da sociedade. Todas as possibilidades existentes nos mais diversos campos não seriam possíveis em um universo sem o argumento científico e a pesquisa.

## **4.2. Sobre a linguagem de programação**

A escolha da linguagem de programação para o desenvolvimento da página web foi processo relativamente fácil. A linguagem HTML apresentou-se como principal opção, justificada por diversos fatores. Um destes fatores foi a universalidade da linguagem HTML. Considerando-se que, num caso futuro exista a necessidade de mudança da hospedagem do site, é interessante que se adote uma linguagem de programação que seja comum e aceita por todos os domínios web, diminuindo assim as adequações necessárias na programação desenvolvida em caso de migração. No domínio atual, blogspot, a linguagem HTML é uma das poucas opções possibilitadas, dessa forma a utilização desta linguagem acaba por não ser uma opção e sim necessidade.

Outro fator determinante foi a familiaridade do programador com a linguagem. O autor deste trabalho apresenta uma pequena experiência na programação HTML, devido ao fato de já ter desenvolvido anteriormente, de forma amadora, alguns sites utilizando esta linguagem. Além do já descrito, a linguagem HTML disponibiliza uma incontável quantidade de funções que permitem maior liberdade, habilitando o desenvolvimento de programas com funções complexas de forma simples e dinâmica.

## **4.3. Sobre a hospedagem do site**

Um dos parâmetros determinantes para a escolha do endereço de hospedagem da página web foram os valores cobrados. Em muitos

casos o endereço apresentava-se gratuito para a hospedagem, entretanto após o período de um ou dois anos dava-se início à respectiva cobrança. Uma proposta que inicialmente parece plausível em curto prazo, mas que após uma melhor análise acabava por não ser uma boa opção a longo prazo. Principalmente se considerarmos que o site não apresenta qualquer fim lucrativo, e o pagamento de taxas de manutenção de domínio acabaria por tornar-se um ônus ao desenvolvedor do projeto, influenciando diretamente o interesse do autor na manutenção do endereço em longo prazo. Assim, assumimos como parâmetro determinante do local de hospedagem os valores cobrados, instantaneamente ou a posteriori.

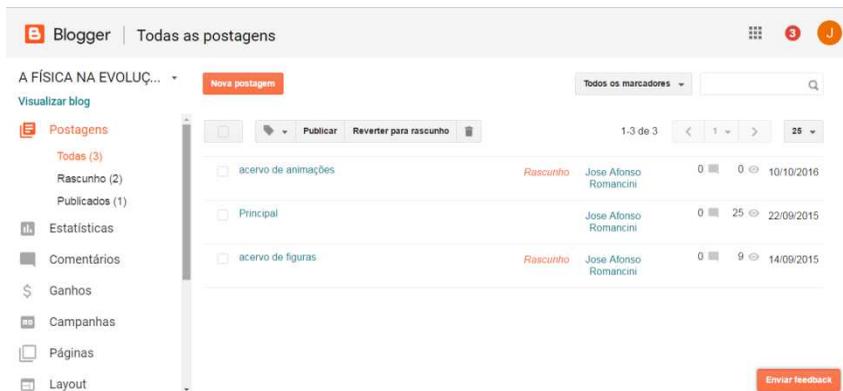
Neste contexto, uma das opções identificadas foi a construção do site no formato de blog. Entretanto, a estrutura na forma de postagens não possibilitava a construção de um layout conforme necessário ao projeto. Procedemos então com um estudo acerca das possibilidades da ferramenta blogger, editor disponibilizado pelo Google para a construção e edição de blogs. Conseguimos com isso identificar duas opções determinantes para a viabilidade da construção do site no formato blog: a possibilidade de construção das postagens diretamente no formato HTML e a flexibilização do número de postagens visualizáveis ao visitante do site.

A construção de postagens diretamente em HTML permite o desenvolvimento de um algoritmo elaborado, de forma que se possa construir programa estruturado, com funções, variáveis, rotinas e sub-rotinas. Basicamente pode-se desenvolver em uma postagem onde primeiramente torna-se visível uma janela no formato de página inicial, e conforme a ocorre a interação do visitante, outras janelas com novos conteúdos vão sendo apresentadas. Além disso, outras possibilidades como execução de animações e visualização de janelas com vídeos ou simulações incorporadas também são habilitadas.

A flexibilização do número de postagens apresentadas permite que seja habilitada a visualização de apenas uma postagem, de forma que esta seja apresentada como a página inicial do site.

Abaixo vemos uma imagem da página principal do editor blogger, onde podem ser vistas diversas opções para a configuração do site:

**Figura 1** – Página principal do editor Blogger.



**Fonte:** site <http://www.blogspot.com> acessado em 10/01/2017

Considerando as possibilidades descritas decidimos hospedar o site no domínio blogspot, disponibilizado pelo Google para a hospedagem de blogs gratuitamente e por período indeterminado. O site foi registrado com o endereço <http://www.automnpef.blogspot.com>.

#### **4.4. Estruturação e layout**

Um dos quesitos determinantes no desenvolvimento do layout da página foi a simplicidade. Como o conteúdo primordial da proposta é o argumento científico, foram eliminados do layout padrão do site todos os elementos que pudessem representar distração ou apresentassem argumentos incongruentes com o interesse principal. Esta programação não foi executada em HTML, apesar de que o sistema gera automaticamente um código neste formato para as alterações efetuadas (anexo 01), pois o Blogger, editor de páginas do Google (anexos 02 e 03), permite a edição destes parâmetros utilizando-se linguagem objeto.

Pode-se ver abaixo uma imagem do layout da página inicial, conforme é apresentado ao visitante do site:

**Figura 2** – Página principal da página web.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Como a ferramenta Blogger não disponibiliza um banco de dados específico foi utilizado um procedimento um tanto melindroso para o armazenamento dos dados necessários ao site: foram criadas três postagens, sendo que duas das quais permaneceram não publicadas, apenas como forma de armazenamento, e uma terceira, com todo o código HTML foi publicada (anexo 04), sendo esta a que gera efetivamente tudo o que é visualizado no site.

Com relação ao conteúdo, em uma das postagens foram colocadas as animações apresentadas no site, servindo como banco de dados para estas, e na outra postagem foram colocadas todas as imagens utilizadas pelo site, servindo esta como banco de dados de imagens. Quando é necessário usar algum dos arquivos existentes no banco de dados gerado em forma de postagem, fazemos com que o HTML principal busque o endereço HTTP onde o blogger mantém tal arquivo. A imagem abaixo ilustra uma linha de comando desse tipo:

**Figura 3** – Comando HTML para endereço HTTP externo.

```

```

**Fonte:** site <http://www.blogspot.com> acessado em 15/12/2016.

O endereço solicitado, neste caso, aparece ressaltado na cor azul e a estruturação da página inicial foi definida da seguinte forma:

Foram criadas quatro tabelas com quatro objetos (imagens) cada. Cada tabela corresponde a uma das linhas de imagens apresentadas na página inicial. Esta formatação é bastante interessante, pois caso existam atualizações para a página principal poder-se-á facilmente incluir mais uma imagem em uma linha ou criar uma nova linha, conforme for o interesse. Abaixo uma imagem da seção HTML que contém estes comandos:

**Figura 4** – Comandos HTML para construção de tabela.

```
<!-- IMAGENS -->  
  
<table>  
<tr>  
<td>  
<br />  
1672 - A ebulição como motor</td>  
  
<td>  
<br />  
1769- Veículo à vapor</td>  
  
<td>  
<br />  
1805 - Automóvel anfíbio</td>  
  
<td>  
<br />  
1807 - Combustível hidrogênio </td>  
  
</tr>  
</table>  
<br />
```

**Fonte:** site <http://www.blogspot.com> acessado em 15/12/2016.

As imagens são apresentadas em ordem cronológica, sendo que cada uma delas representa um avanço introduzido na evolução do automóvel que tenha por base algum conceito físico. Clicando-se sobre uma das imagens da página inicial abrir-se-á uma nova janela pop-up com o conteúdo histórico- cultural associado à mesma, como nome da pessoa responsável pelo avanço, época em que ocorreu e contexto do evento.

Nesta nova janela apresentar-se-á ao usuário um botão com a opção “Conceito Físico”. Clicando neste botão o visitante visualizará uma nova janela onde é apresentado o argumento do princípio físico de funcionamento do sistema selecionado. A estrutura HTML é desenvolvida de forma que as rotinas referentes a janelas de mesmo nível estejam associadas em grupos coerentes, a fim de facilitar a identificação e programação.

Na imagem abaixo podemos ver a linha de texto HTML referente a uma janela

**Figura 5** – Comandos HTML para construção de janela.

```
<|***** ARGUMENTOS *****>
<! 1672 - A ebulição como motor>
<div class="linha1" id="1672" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Um Brinquedo Revolucionário</i></b></font>

<br />
<br />
No ano de 1672, o missionário Ferdinand Verbiest fez o que podemos chamar de o primeiro automóvel. Ele
construiu, durante sua estadia na china, um brinquedo 65 cm de comprimento auto propellido, para o filho do
imperador chinês, usando como base os conceitos apresentados pela eolipila de Heron, com algumas melhorias.
Verbiest desenvolveu o aparato como forma de mostrar ao imperador os avanços da tecnologia ocidental.
<br />
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1672')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1672');mostrarInfo('1672_eolipia!)" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

**Fonte:** site <http://www.blogspot.com> acessado em 15/12/2016.

Na imagem a seguir vemos uma linha de texto HTML geradora de uma janela referente ao conceito físico de um dos tópicos:

**Figura 6** – Comandos HTML para construção de janela apresentando conceitos.

```
<!*****EXPLICAÇÃO FÍSICA*****>

<! 1672 - A ebulição como motor>

<div class="linha1" id="1672_eolipia" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Mudança de Fases e Movimento</i></b></font>
<br />
<br />
<br />

O sistema motor do automóvel de Verbiest era similar a uma turbina à vapor, uma máquina térmica que aproveita a
energia cinética do vapor. A água tem sua energia interna aumentada por uma fonte de calor, até que alcance o
ponto de mudança de estado, passando do líquido para o gasoso (vapor). Nessa situação ocorre um repentino
aumento de volume molar, ocasionando um aumento da pressão no interior do recipiente em questão. Existindo
uma pequena abertura neste recipiente, o vapor será impelido a sair com velocidade, podendo assim transferir
parte de sua energia cinética à algum anteparo que por ventura venha a ser colocado em seu caminho, uma turbina
por exemplo.
<br />
Podemos identificar que a mudança de fase, da água líquida em vapor, é o elemento determinante no processo. É
interessante lembrar que as fases de qualquer fluido estão associadas não só com a temperatura, mas também com
a pressão e o calor específico do fluido. Podemos identificar isto na tabela de mudança de fases da água, ao lado.
<br />
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1672_eolipia')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia');mostraInfo('1672_eolipia_simu')" type="button" value="Simulação" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia');mostraInfo('1672_eolipia_anima')" type="button" value="Animação" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia');mostraInfo('1672_eolipia_video')" type="button" value="vídeo" />
</div>
<div class="linha1" id="1672_eolipia_simu" style="color: black;">
<a href="https://phet.colorado.edu/sims/states-of-matter/states-of-matter_pt_BR.jnlp" style="text-decoration:
none;"><div style="background-color: white; filter: alpha(opacity
= 60); height: 80px; left: 50px; opacity: 0.6; position: absolute; top: 58px; width: 200px;"></div></a>
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1672_eolipia_simu')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha1" id="1672_eolipia_anima" style="color: black;">
<div style="color: black;">
<embed align="left" height="300" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
src="https://www.iff.ufrgs.br/~dschulz/web/animacoes/heron.swf" type="application/x-shockwave-flash"
width="450"></embed>
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Eolípila</i></b></font>
<br />
<br />
Na animação ao lado pode-se ver a "máquina de Heron", também conhecida como eolípila, desenvolvida por Heron
de Alexandria no século 1 d.c. sendo a primeira máquina térmica documentada. Analisando seu funcionamento,
podemos imaginar que Verbiest inspirou-se na eolípila para desenvolver seu brinquedo automotor.
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1672_eolipia_anima')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha1" id="1672_eolipia_video" style="color: black;">
<iframe allowfullscreen="" frameborder="0" height="480" src="https://www.youtube.com/embed/ZDp_LjbE8Dc"
width="854"></iframe><br />
<input onclick="fechar('1672_eolipia_video')" type="button" value="Fecha" />
</div>
</div>
```

**Fonte:** site <http://www.blogspot.com> acessado em 15/12/2016.

Nas janelas de conceito físico existem três botões de acesso: “Vídeo”, “Simulação” e “Animação”. Estes botões permitem acesso à ferramentas especiais de multimídia. O botão “vídeo” dá acesso a vídeos externos que aparecem incorporados ao site e são exibidos em janelas específicas. Os vídeos permanecem hospedados nas videotecas originais, sendo anexado ao site por uma linha HTML específica, gerada pelo próprio reprodutor da videoteca. Podemos ver a linha de comando destacada na imagem abaixo:

**Figura 7** – Comandos HTML para execução de elementos incorporados.

```
<iframe allowfullscreen="" frameborder="0" height="480"
src="https://www.youtube.com/embed/L4A5ZNjisRM" width="854"></iframe><br />
```

**Fonte:** site <http://www.blogspot.com> acessado em 15/12/2016.

#### **4.5. Fontes, links incorporados e links direcionados**

O intuito inicial era de que todo o conteúdo apresentado pelo site fosse armazenado em seus registros próprios. Entretanto logo observou-se que isto tornar-se ia um tanto quanto utópico, pelo menos à curto prazo. Todos os dados de aplicativo, animações, simulações e vídeos precisariam ser tratados para um correto armazenamento, o que demandaria uma considerável quantidade de tempo. Um dos motivos para esta situação foi a grande diversidade de origens do material do site.

Neste contexto outra solução mais simples apresentou-se como opção: fazer a incorporação das aplicações ao site, ou seja, mantê-las em seus endereços originais, mas executando-as no site.

## **5. APLICAÇÃO EM SALA E AVALIAÇÃO DOS DISCENTES**

Como aplicação prática dos argumentos propostos, foi planejada uma aula, utilizando como ferramentas os insumos disponibilizados pela página web desenvolvida.

A aplicação foi intencionalmente planejada para ser curta, tomando apenas duas aulas para efetiva apresentação e mais uma aula para que os alunos respondessem a um questionário objetivo avaliativo do experimento. O motivo para uma aplicação curta remete-se ao fato de que a proposta principal do site é que seus conteúdos sirvam de apoio para as aulas, contribuindo para que ocorra um melhor entendimento acerca de conteúdos que já tenham sido anteriormente apresentados.

Com relação ao questionário, as questões foram desenvolvidas de forma que mensurassem o impacto motivacional, o acréscimo de aprendizado e a impressão total dos discentes ao fim do experimento.

### **5.1. Planejamento da aula**

A aula foi planejada com o objetivo de utilizar conteúdos que pudessem ser associados ao cotidiano dos alunos e também possibilitassem a utilização dos tópicos da página web. Como a página tem como tema central a evolução do automóvel, considerou-se coerente adotar o tema máquinas térmicas para a apresentação, considerando que este foi o conhecimento base para o desenvolvimento de todos os elementos motrizes aplicados aos automóveis.

A aula foi elaborada para ser aplicada utilizando como insumos projetor digital e quadro branco, podendo o ambiente ser um laboratório de informática, sala de vídeo ou a própria sala de aula, dependendo da infraestrutura disponibilizada pelo colégio. Para o início da aula foi prevista uma apresentação rápida do site na internet, seu endereço, sua proposta, seu conteúdo e suas possibilidades. Na sequência é apresentada uma rápida revisão de conceitos para as transformações isobárica, isotérmica, isocórica (ou isovolumétrica) e adiabática, tendo como apoio os diagramas  $P \times V$  da máquina de Watt encontrados na própria página.

**Figura 8** – Gráfico de pressão x volume para a máquina de Watt.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Fez-se então algumas considerações especiais acerca da transformação isotérmica e sua relação com a equação de Clapeyron, de forma que os alunos possam identificá-la na respectiva curva apresentada no diagrama  $P \times V$ , utilizando-se além do projetor o quadro branco. Em seguida foi apresentada a máquina à vapor desenvolvida por Nicolas Joseph Cugnot em 1769, sendo que para acessar o respectivo conteúdo faz-se o acesso da página inicial do site e clica-se na imagem referente a este automóvel (apresentada a seguir):

**Figura 9** – Carroça a vapor de Cugnot.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Accessando o conteúdo selecionado a informação inicial que se apresenta refere-se ao contexto histórico da invenção de Cugnot, como pode ser visto na imagem abaixo:

**Figura 10** – Argumento histórico para a máquina de Cugnot.

**Carroça a Vapor de Cugnot**

Nicolas-Joseph Cugnot foi um engenheiro militar que em 1746 construiu uma máquina a vapor destinada ao transporte de pesados canhões para o exército francês. No ano seguinte construiu uma versão melhorada. Este veículo tinha capacidade para carregar até 4 toneladas à velocidade de 4 km por hora, tinha dois pares de rodas atrás e um na frente que suportavam a caldeira e era dirigido por um leme. Em 1771 o seu veículo bateu contra uma parede de tijolos, ficando conhecido como o primeiro acidente de automóvel do mundo. Este acidente pos fim às experiências do exército francês com veículos mecanizados.

O princípio de funcionamento da propulsão desenvolvida por Cugnot era bastante semelhante ao sistema patenteado em 1770 por James Watt e posteriormente usado nas primeiras locomotivas: Existiam dois cilindros localizados um a cada lado da roda motriz, os quais eram alimentados de forma alternada pelo vapor sob pressão proveniente da caldeira. O sistema possuía um arranjo mecânico que interligava os dois cilindros, fazendo com que o avanço de um dos êmbolos forçasse o retorno do outro.



150 - Motor de dois tempos    1688 - O automóvel à gasolina    1888 - O automóvel elétrico

Fecha    Conceito Físico

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

A fim de comprovar o argumento apresentado acerca da semelhança do ciclo térmico desenvolvido pela máquina de Cugnot com o da máquina de Watt, clica-se no botão identificado como “Conceito Físico”, o que traz uma explicação do ciclo de Watt associada com um diagrama PxV, onde podem ser identificadas as transformações térmicas presentes no ciclo (isocórica, isobárica e isotérmica) nesta janela existe ainda uma animação de um cilindro motor de locomotiva, exemplificando uma máquina térmica de Watt.

A animação encontra-se no formato .swf e necessita que o plugin Adobe flash player esteja instalado e habilitado no navegador utilizado para o acesso ao site.

**Figura 11** – Argumentação teórica para a máquina de Watt.

**Máquina de Watt**

Em uma máquina a vapor, a caldeira ferve continuamente água numa câmara fechada, criando vapor a alta pressão. Usando estes conceitos James Watt desenvolveu sua máquina, que converte energia térmica em energia cinética utilizando-se dos seguintes ciclos:

**Primeiro ciclo**

O vapor da caldeira é direcionado para a extremidade dianteira do cilindro por uma válvula de corredeira e entra na câmara de vapor inicialmente de forma isovolumétrica (ou isocórica). O vapor de alta pressão comprime o êmbolo forçando-o a movimentar-se para trás, inicialmente de forma isobárica e posteriormente de forma isotérmica.

**Escape**

No final do curso de êmbolo, a válvula é deslocada e permite ao vapor sob pressão sair através da abertura de escape. Com a abertura de escape, liberada o vapor pode sair de forma isobárica.

**Segundo ciclo**

Ao mesmo tempo, a válvula deslizante começa a admissão de vapor de alta pressão para a extremidade traseira do cilindro repetindo o mesmo processo do primeiro ciclo, só que agora no sentido contrário, empurrando assim o pistão para a frente.

**Escape**

O escape acontece de forma semelhante ao escape do primeiro ciclo.

**How Steam Engines Work**

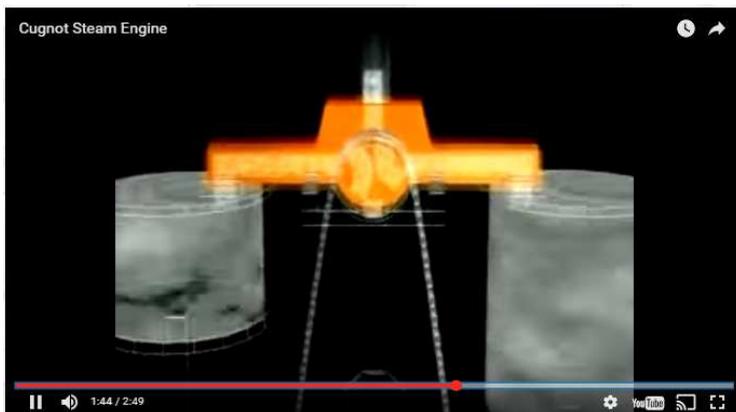
Click start to activate the steam engine. **START** **RESET**

Fecha | Máquina de Watt | Vídeo

**Fonte:** endereço <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

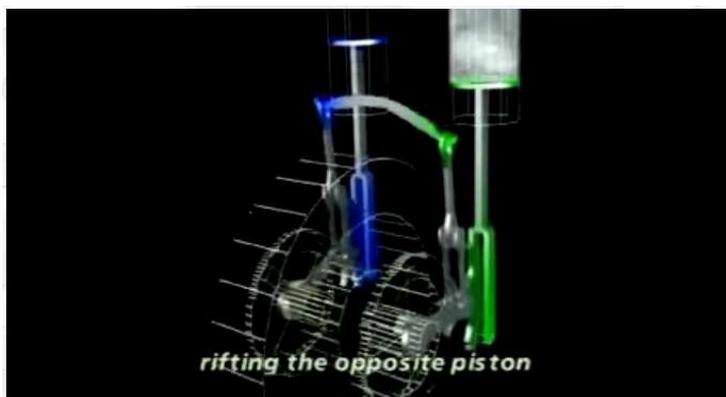
Para que a associação entre a máquina de Cugnot e a máquina de Watt seja comprovada, faz-se a seleção nesta janela do botão “vídeo” onde é apresentado um vídeo que mostra claramente o funcionamento do sistema propulsor da carroça de Cugnot, permitindo a comparação com o sistema motriz da locomotiva.

**Figura 12** – Animação em vídeo para a carroça de Cugnot – alimentação de vapor.



**Fonte:** endereço <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 13** – Animação em vídeo para a carroça de Cugnot – ação dos atuadores.



**Fonte:** endereço <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

O vídeo encontra-se hospedado no endereço <https://www.youtube.com/watch?v=L4A5ZNjisRM> e necessita de acesso à internet para que seja executado corretamente.

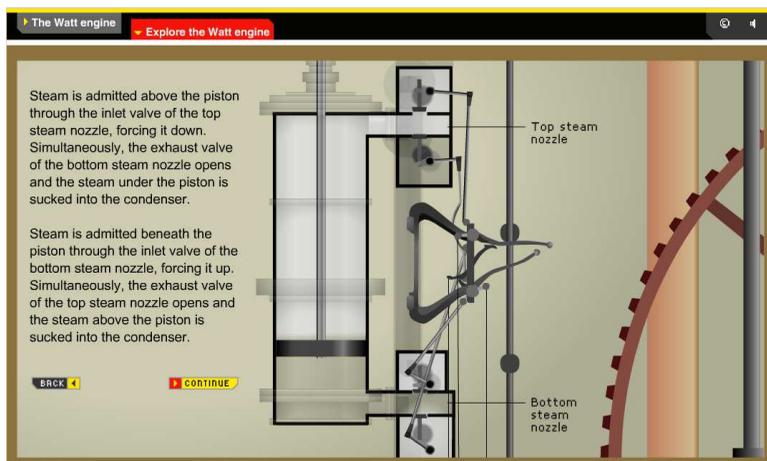
Para contribuir com a contextualização histórica é apresentada também uma animação interativa da primeira máquina patenteada por James Watt, extremamente utilizada em instalações fabris nos séculos XVIII e XIX, e marco da revolução industrial.

**Figura 14** – Animação interativa para a máquina de Watt.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 15** – Animação interativa para a máquina de Watt – sistema de controle dos atuadores.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

A animação encontra-se no formato .swf e necessita que o plugin Adobe flash player esteja instalado e habilitado no navegador utilizado para o acesso ao site. Os argumentos e explicações estão na língua inglesa e o professor necessitará de um pequeno conhecimento desta língua para explicar os processos aos alunos.

A seguir é apresentado o automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, primeiro a ser efetivamente projetado para utilizar um motor à gasolina, sendo que para acessar o respectivo conteúdo faz-se o acesso da página inicial do site e clica-se na imagem referente ao cito automóvel, conforme imagem abaixo:

**Figura 16** – Veículo a gasolina de Benz.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se na imagem indicada a informação inicial que se apresenta é um breve argumento histórico da invenção de Benz:

**Figura 17** – Argumento histórico para o veículo de Benz.

**Motorwagen de Benz**

Planejado pelo alemão Karl Benz e construído em 1886, é amplamente reconhecido como o primeiro automóvel, ou seja, veículo projetado para ser movido a motor.

O primeiro Motorwagen usou um motor de quatro tempos, ou motor de ciclo Otto, desenvolvido pelo também alemão Nikolaus August Otto em 1876. Seu motor consistia de um único cilindro com volume de 954 cc e usava gasolina como combustível.



Fecha Conceito Físico

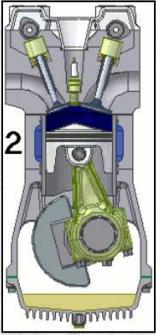
**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se então no botão “Conceito Físico” apresenta-se o argumento científico para o funcionamento do propulsor do carro de Benz, evidenciando as transformações térmicas existentes em cada ciclo com o auxílio de uma animação e um diagrama PxV do ciclo.

**Figura 18** – Argumentação teórica para o motor de ciclo Otto.

**O Ciclo Otto**

O Ciclo de Otto é um ciclo termodinâmico, que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha. ciclo ideal se constitui dos seguintes processos:



**Admissão**

A válvula de admissão permanece aberta e o pistão se move para baixo, trazendo para dentro do cilindro uma mistura de ar/combustível vaporizado. O fluido é admitido no interior do cilindro com pressão igual a do ambiente externo, ou seja, de forma isobárica.

**Compressão**

O pistão sobe e todas as válvulas permanecem fechadas, forçando um aumento da pressão no interior do cilindro e comprimindo a mistura de combustível/ar. Este processo ocorre de forma adiabática (sem perda de temperatura ao ambiente). Podemos constatar o aumento de temperatura no interior do cilindro conforme a relação:

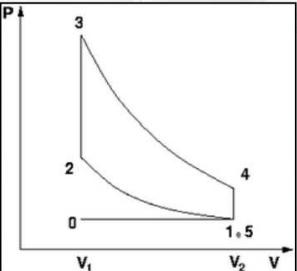
$P \cdot V = nRT$

**Combustão/expansão**

Durante a combustão o combustível comprimido é inflamado, causando uma repentina expansão no volume dos gases no interior do cilindro e empurrando o pistão para baixo. O início da queima se dá por uma faísca da vela de ignição e ocorre quando o cilindro atinge seu ponto máximo. Acontece de forma isocórica.

**Exaustão**

Ocorre de forma isobárica. Na parte inferior do curso de potência, a válvula de descarga é aberta e o movimento ascendente do êmbolo conduz o combustível queimado para fora do cilindro.



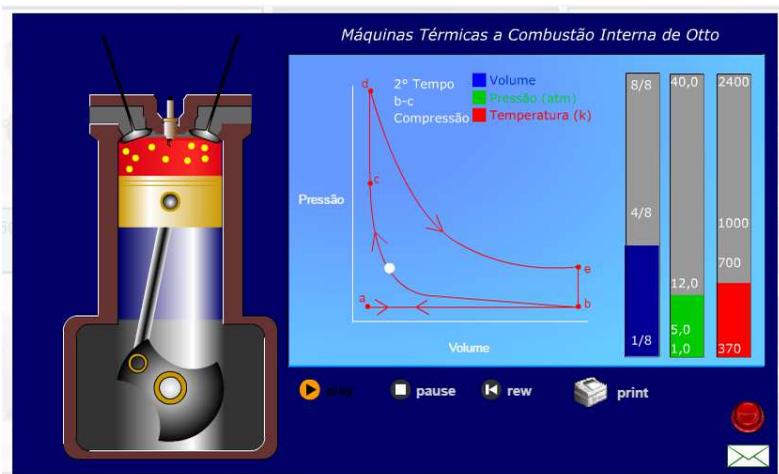
Fecha
Simulação
diagrama PxV dinâmico
vídeo

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se então no botão “Diagrama PxV dinâmico” apresenta-se uma animação interativa onde é possível visualizar-se o

comportamento das variáveis pressão, volume e temperatura, além da indicação da transformação termodinâmica que está ocorrendo no momento, conforme a progressão do ciclo. É permitido ao visitante do site interagir dinamicamente com a animação, movendo o cursor do mouse tanto sobre o ponto indicador no diagrama PxV tanto sobre a alavanca do virabrequim na animação do motor.

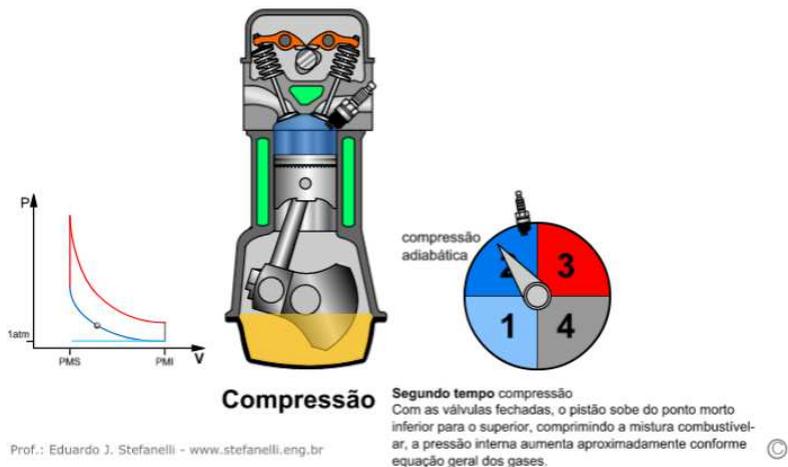
**Figura 19** – Animação interativa para o motor de ciclo Otto.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Voltando-se à janela anterior e clicando-se então no botão “Simulação” apresenta-se uma outra animação interativa onde é possível visualizar-se uma descrição detalhada acerca da transformação termodinâmica que ocorre no momento conforme a progressão do ciclo. Também é permitido ao visitante do site interagir dinamicamente com esta animação movendo o cursor do mouse tanto sobre a alavanca do virabrequim na animação do motor.

**Figura 20** – Animação interativa para motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Para uma visualização mais ampla do processo é apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor à gasolina.

**Figura 21** – Animação em vídeo para motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

De forma breve é apresentado o automóvel experimental desenvolvido em 1862 pelo belga Jean Joseph Etienne Lenoir, primeiro a usar um motor de dois tempos (este movido à gás de carvão).

O diagrama PxV do ciclo desenvolvido por este motor é praticamente idêntico ao do motor de ciclo Otto, diferindo apenas pelo fato que, neste caso, todas as transformações ocorrem em apenas uma revolução do motor. Assim, a apresentação tem caráter informativo apenas.

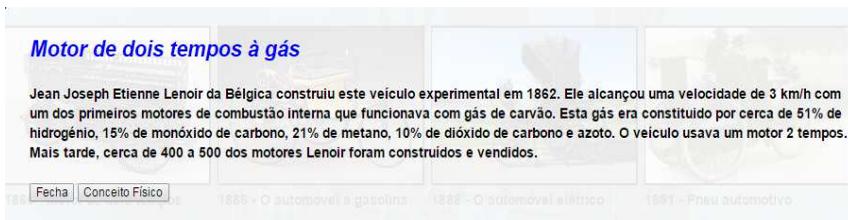
**Figura 22** – Veículo com motor de dois tempos de Etienne Lenoir.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se na imagem indicada, correspondente ao veículo, a informação inicial que se apresenta é um breve argumento histórico do veículo inventado por Etienne Lenoir:

**Figura 23** – Argumento histórico para o veículo de Etienne Lenoir.



**Motor de dois tempos à gás**

Jean Joseph Etienne Lenoir da Bélgica construiu este veículo experimental em 1862. Ele alcançou uma velocidade de 3 km/h com um dos primeiros motores de combustão interna que funcionava com gás de carvão. Esta gás era constituído por cerca de 51% de hidrogénio, 15% de monóxido de carbono, 21% de metano, 10% de dióxido de carbono e azoto. O veículo usava um motor 2 tempos. Mais tarde, cerca de 400 a 500 dos motores Lenoir foram construídos e vendidos.

Fecha  1862 - O automóvel a gasolina 1862 - O automóvel elétrico 1891 - Pneu automotivo

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se então no botão “Conceito Físico” apresenta-se o argumento científico para o funcionamento do motor de dois tempos, evidenciando cada uma das transformações térmicas existentes nos ciclos.

**Figura 24** – Argumentação teórica para funcionamento do motor de dois tempos.

**Motor de dois tempos**

O motor de dois tempos emprega tanto o cárter e o cilindro para alcançar todos os elementos do ciclo Otto, em apenas dois cursos do pistão.

**Admissão**

A mistura combustivel/ar é aspirada primeiro para o cárter de forma isobárica pelo vácuo que é criado durante o curso ascendente do êmbolo.

**Compressão do cárter**

Durante o curso descendente, a válvula de admissão é fechada pelo aumento da pressão do cárter. A mistura de combustível é então comprimida no cárter durante o resto do curso, de forma adiabática.

**Transferência/escape**

Perto do fim do curso, o pistão libera o orifício de entrada, permitindo que a mistura de combustivel/ar comprimido no cárter escape pelo redor do êmbolo para dentro do cilindro principal. Isto expelle os gases de resultantes pela abertura de escape, geralmente localizada no lado do cilindro oposto a admissão. Infelizmente, um pouco da mistura de combustível admitido também é expelida.

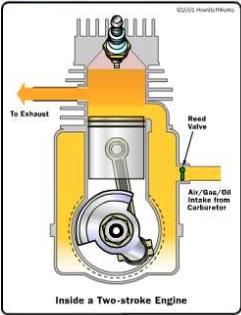
**Compressão**

O pistão sobe, então, impulsionada pelo movimento do volante, e comprime-se a mistura de combustível. (Ao mesmo tempo, outro curso de admissão está a acontecer por baixo do êmbolo.)

**Ignição**

Na parte superior do curso do êmbolo, a vela de ignição inflama a mistura combustivel. A queima de combustivel se expande, conduzindo o êmbolo para baixo, para completar o ciclo. (Ao mesmo tempo, outro curso de compressão do cárter está a acontecer por baixo do êmbolo.)

Como o motor de dois tempos tem uma ignição a cada volta do virabrequim, temos que um motor de dois tempos é geralmente mais potente que um motor de quatro tempos de tamanho equivalente. Isso, juntamente com a sua construção mais leve e maior simplicidade, faz com que o ele seja popular em motosserras, aparadores de grama, motores de popa, snowmobiles, jet-skis, motos leves e aeromodelismo. Infelizmente, a maioria dos motores a dois tempos são ineficientes e terrivelmente poluidores, devido à quantidade de combustivel não consumido que escapa pelo escape.



©2002 HAVELITHINKS

To Exhaust

Reed Valve

Air/Oil Intake from Carburetor

Inside a Two-stroke Engine

Fecha link externo Animação Vídeo Equações

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Finalizando a aula apresentamos o ciclo Diesel, por meio do caminhão Benz 5k3 de 1923, primeiro automóvel a utilizar um motor deste tipo.

**Figura 25** – Caminhão de Benz com motor de ciclo Diesel.



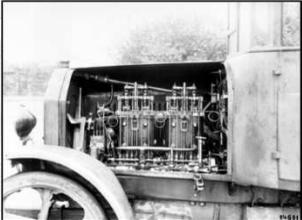
**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Inicialmente é apresentado um breve histórico, informando inclusive algumas características deste automóvel, que são comparadas com características de automóveis atuais para fim de ilustração. Clicando-se no botão conceito físico apresentam-se as características do ciclo Diesel.

**Figura 26** – Argumento histórico para o caminhão de Benz.

**Caminhão à diesel**

Em 1923, surge o Benz 5K3, o primeiro caminhão diesel do mundo, com motor de 50 cv a 1.000 rpm e capacidade de carga útil de 5,5 toneladas. A partir daí, o motor diesel firmou-se como o mais adequado para veículos comerciais, por suas características de alto rendimento termodinâmico e robustez.



D1 - Freios à disco    1912 - O ferrol elétrico    1923 - Caminhão à diesel

Fecha    Conceito Físico

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Utilizando-se de uma animação interativa são apresentados aos alunos os quatro tempos do Diesel e as transformações envolvidas, fazendo ainda uma comparação com os processos e as transformações do ciclo Otto usando para isso os respectivos diagramas P×V. São identificadas as transformações adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica, evidenciando-se explicitamente a transformação isobárica existente no momento da explosão e a diferença ao ciclo Otto, onde a explosão ocorre de forma isocórica e num período instantâneo.

**Figura 27** – Argumentação teórica para o motor de ciclo Diesel.

**Ciclo diesel**

O motor diesel foi patenteado pela primeira vez em 1892 por Rudolf Diesel. Basicamente seu funcionamento é semelhante à de quatro tempos, mas utiliza um método diferente para inflamar o combustível.

**Admissão**

A válvula de admissão é aberta, e o ar (sem combustível), é puxado para dentro do cilindro de forma isobárica.

**Compressão**

À medida que o pistão sobe, o ar é comprimido de forma adiabática, fazendo com que a sua temperatura suba. No final do curso de compressão, o ar está quente suficiente para inflamar o combustível.

**Injeção/ignição**

Perto do topo do curso de compressão o injetor lança o combustível para dentro do cilindro. O combustível imediatamente queima em contato com o ar comprimido quente, causando a expansão dos gases dentro do cilindro de forma isotérmica e impulsionando o pistão para baixo.

**Escape**

A válvula de escape é aberta e os gases resultantes da queima liberados isobáricamente.

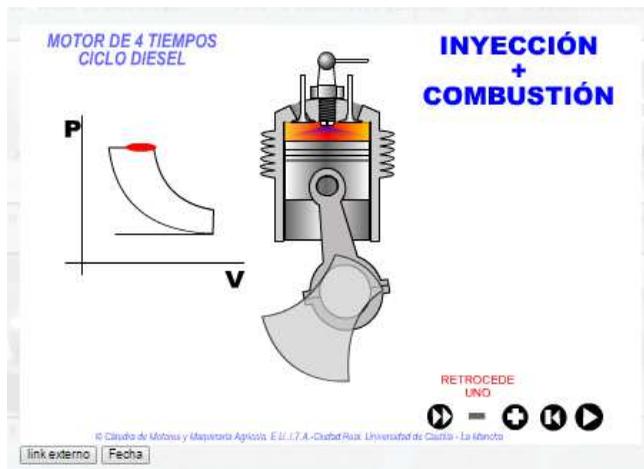
Com o desenvolvimento prático de seu motor, em 1897, Diesel pode mostrar a eficiência real de seu motor, sendo na data o mais eficiente já construído. Os motores diesel ainda estão entre os mais eficientes disponíveis. Eles são amplamente utilizados em grandes caminhões, barcos, máquinas de terraplanagem, etc.

Fechar Simulação diesel x otto vídeo

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Pode-se utilizar a peculiar ausência das velas de ignição no motor Diesel para explicar a diferença entre temperatura de combustão e temperatura de ignição, bem como relacionar a elevada relação de compressão do ciclo Diesel com uma maior temperatura alcançada, comparando-se ao ciclo Otto.

**Figura 28** – Animação interativa para motor de ciclo Diesel.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor Diesel e comparado ao do motor à gasolina.

**Figura 29** – Animação em vídeo para motor de ciclo Otto com explicações.

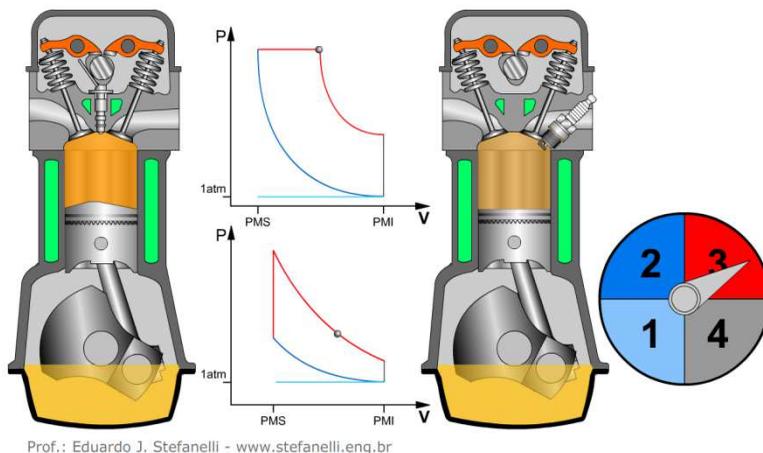


**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Ao final é apresentada uma simulação onde aparecem simultaneamente a animação de um motor de ciclo Otto e um motor de ciclo diesel, bem como os respectivos diagramas P×V com indicação dinâmica.

Pode-se interagir com a simulação, atrasando ou adiantando o ciclo, usando o ponteiro do mouse para arrastar o ponteiro indicador dos ciclos. Sua principal vantagem é permitir explicitar as diferenças entre as transformações que ocorrem em cada um dos ciclos, e o motivo. É o caso do momento da explosão, que no ciclo Otto ocorre de forma adiabática e no ciclo diesel de forma isobárica, por exemplo.

**Figura 30** – Animação interativa comparando o funcionamento do motor de ciclo Diesel com o funcionamento do motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

## 5.2. Aplicação

A aplicação da aula planejada, utilizando os conteúdos do site, deu-se na Escola de Educação Básica João Frassetto, localizada no bairro Santa Luzia, cidade de Criciúma, Santa Catarina, na turma 2003, uma turma de segundo ano do ensino médio, no período noturno.

A aula foi iniciada com uma revisão dos conceitos de transformação isobárica, isotérmica, isocórica e adiabática. Após isso é apresentada a máquina à vapor desenvolvida por Nicolas Joseph Cugnot, que ficou definitivamente pronta no ano de 1771, sendo considerada o primeiro automóvel controlável feito.

É demonstrada a equivalência do ciclo térmico do sistema de Cugnot com o ciclo térmico da máquina de Watt, aproveitando a oportunidade para identificar transformações isocórica e isotérmica no diagrama  $P \times V$  equivalente, usando como auxiliar para isso a animação de um cilindro de dupla ação, utilizado em locomotivas à vapor (ciclo Watt). É apresentado também um vídeo que explica de forma lúdica o funcionamento da carroça de Cugnot.

A seguir é apresentado o automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, primeiro a ser efetivamente projetado para utilizar um motor. O carro de Benz usava um motor à gasolina de quatro tempos, ciclo Otto. Utilizando-se uma animação interativa são apresentados aos alunos os quatro tempos do ciclo Otto e associados ao respectivo do diagrama  $P \times V$ . São identificadas no ciclo as transformações adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica.

Com auxílio da transformação isotérmica do ciclo pode-se reforçar o entendimento da equação de Clapeyron,  $P.V = n.R.T$ , mostrando que  $n$  (quantidade de gás) e  $R$  (constante dos gases perfeitos) irão atuar na equação, explicitando no gráfico a curva característica das transformações isotérmicas (apesar de que o gás resultante da queima do combustível não pode ser considerado gás ideal). É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor à gasolina.

De forma breve é apresentado o automóvel experimental desenvolvido em 1862 pelo belga Jean Joseph Etienne Lenoir, primeiro a usar um motor de dois tempos (este movido à gás de carvão). O diagrama  $P \times V$  do ciclo desenvolvido por este motor é praticamente idêntico ao do motor de ciclo Otto, diferindo apenas pelo fato que, neste caso, todas as transformações ocorrem em apenas uma revolução do motor. Assim, a apresentação tem caráter informativo apenas.

Finalizando a aula apresentamos o ciclo Diesel, por meio do caminhão Benz 5k3 de 1923, primeiro automóvel a utilizar um motor

deste tipo. A seguir é apresentado o automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, primeiro a ser efetivamente projetado para utilizar um motor. Assim como nos casos anteriores, é feito o uso de uma animação interativa para a apresentação do ciclo Diesel. Com o auxílio de um gráfico dinâmico de  $P \times V$  presente na animação é possível explicitar as transformações: isobárica durante a admissão, adiabática durante a compressão, a expansão isotérmica após a queima e a exaustão também isobárica. Uma outra animação permite a comparação do ciclo Diesel com o ciclo Otto, onde pode-se demonstrar visivelmente, comparando os diagramas de pressão por volume de cada um dos ciclos, a superior eficiência do sistema Diesel, demonstrando visivelmente o maior trabalho térmico realizado a cada ciclo completo (área interna do diagrama).

Com base na equação de Clapeyron pode-se também associar a elevada relação de compressão do ciclo Diesel com uma maior temperatura alcançada (comparando-se ao ciclo Otto). Apresentando-se os conceitos de temperatura de combustão e temperatura de ignição é possível explicar o motivo pelo qual o ciclo Diesel não necessita de ignição elétrica (não possui velas de ignição).

Por fim é apresentado um rápido vídeo, onde é possível visualizar o funcionamento do motor de forma mais explícita, graças a uma animação tridimensional onde podem ser vistas as partes do motor em funcionamento.

### **5.3. Análise dos resultados**

Na terceira aula, semana subsequente a apresentação, aplicou-se aos alunos presentes que haviam participado da aula anterior um questionário (apêndice 02), com o intuito de quantificar a percepção acerca do experimento.

O questionário foi estruturado com perguntas bastante simples e diretas, de forma a minimizar qualquer problema de interpretação por parte dos alunos.

Foram desenvolvidas dez questões, sendo nove de múltipla escolha no formato conhecido como Lickert, onde é apresentada uma afirmação ao participante e cinco opções de escolha com graus variados

de concordância com a proposição, desde concordo totalmente até discordo totalmente e uma questão dissertativa opcional, onde o aluno poderia fazer comentários acerca do experimento. A opção de adoção do modelo Lickert foi determinada como a mais sóbria, pois praticamente eliminava falhas de comunicação e permitia a visualização do resultado de forma mais simples e direta. Ocorre que alguns alunos faltaram na data da apresentação no laboratório de informática, sendo que alguns dos que participaram faltaram no dia da aplicação do questionário, de modo que ao final do processo, dos vinte e dois alunos da classe apenas quatorze responderam efetivamente ao questionário.

O argumento das afirmações foi formulado de forma que permitisse identificar o impacto da experiência nos alunos quanto aos temas motivação, contextualização com o cotidiano, história da ciência e utilização de TICs, implicitamente abordados no experimento.

A seguir apresentaremos as nove perguntas objetivas bem como sua motivação, expectativa e análise das respostas.

***Proposição 1 – As aulas na sala de vídeo/ laboratório de informática são mais motivadoras que as aulas na sala tradicional.***

Com esta afirmação pretendeu-se identificar efetivamente o quanto aulas com o uso das TICs eram preferíveis às aulas tradicionais. Atualmente os equipamentos digitais já se apresentam tão assimilados no cotidiano dos alunos que não é totalmente seguro afirmar que aulas no laboratório de informática apresentam maior potencial motivacional que aulas na sala de aula cotidiana.

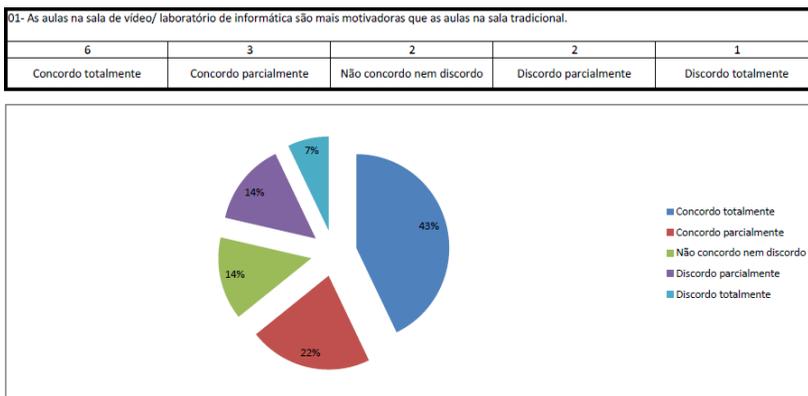
Mesmo assim nossa expectativa era que os alunos demonstrassem predileção pelas aulas fora da sala de aula convencional, pois apesar de possuírem íntima relação com as ferramentas utilizadas, as aulas desenvolvidas em ambiente diverso ao tradicional tem uma programação diferente das aulas convencionais, proporcionando uma experiência nova, mesmo em ambiente conhecido.

Analisando as respostas ao questionário identificamos que a impressão dos alunos convergiu para nossa expectativa, pois mais da metade dos alunos concordou totalmente ou parcialmente com a proposição. Entretanto ficamos de certa forma surpresos ao identificar

que mais de um quinto da turma não considera as aulas fora da sala convencional motivadoras.

A tabela abaixo apresenta o resultado, conforme as respostas dos alunos:

**Tabela 1** – Resposta dos alunos à proposição 01 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 2** – *A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis permite que eu visualize melhor a aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.*

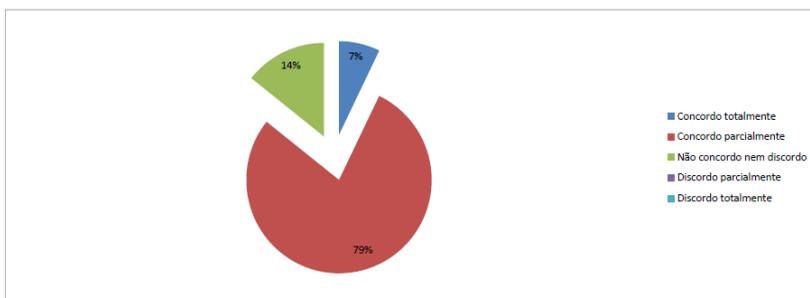
Com esta afirmação pretendeu-se identificar se a proposta de usar o automóvel como objeto representativo do cotidiano teve efetivamente êxito, e se isso contribuiu para que os alunos se apropriassem de forma mais concreta dos conceitos físicos associados.

Nossa expectativa era totalmente positiva, pois este foi o cerne da nossa proposta quando da construção do site associado a este trabalho. A escolha do automóvel como tema não foi arbitrária, pois é uma ferramenta socialmente disseminada e carrega tecnologias que podem exemplificar muitos dos conceitos abordados na disciplina de Física.

As respostas ao questionário mostraram que a proposta alcançou o resultado esperado, pois mais de 80% dos alunos concordaram com a proposição, sendo que não existiram manifestações contrárias, apenas um pequeno número de alunos absteve-se de opinar acerca da afirmação.

**Tabela 2** – Resposta dos alunos à proposição 02 do questionário.

02- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis permite que eu visualize melhor a aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.				
1	11	2		
Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 3** – *A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo dos temas apresentados na disciplina de Física.*

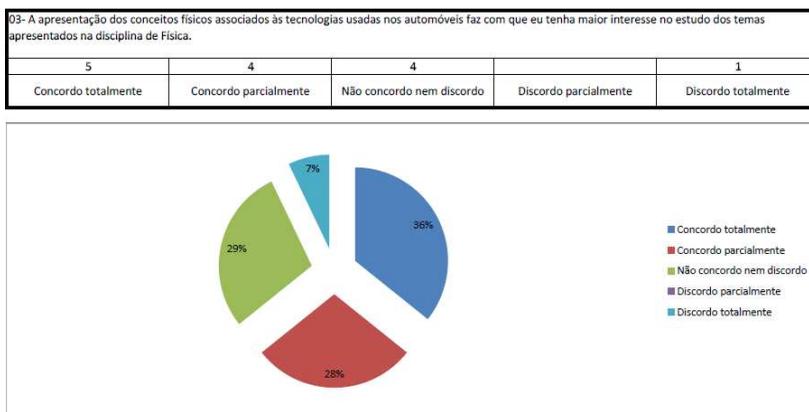
Esta afirmação pretendeu identificar o potencial motivacional da proposta. Considerando que o automóvel possui uma representatividade no sistema social contemporâneo que ultrapassa sua função como ferramenta, pretendemos aproveitar esta situação e tentar trazer para os conceitos ensinados na disciplina de Física também esta representatividade.

Apesar de saber que a relação de cada aluno com a ferramenta automóvel é variada, nossa expectativa aqui também foi positiva. Durante nossa apresentação, na aula anterior ao questionário, pudemos

identificar que os alunos manifestavam um interesse maior nos temas que as alunas nos temas abordados, situação esta previsível considerando-se o contexto cultural e social contemporâneo. Este fato contribuiu para que esperássemos respostas mais variadas à afirmação proposta.

Verificando as respostas do questionário pudemos identificar que nossa previsão era correta. Neste caso o número de manifestações concordando totalmente, parcialmente ou abstendo-se foram proporcionais, apresentando-se ainda uma manifestação totalmente discordante.

**Tabela 3** – Resposta dos alunos à proposição 03 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 4** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhor visualizasse a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.*

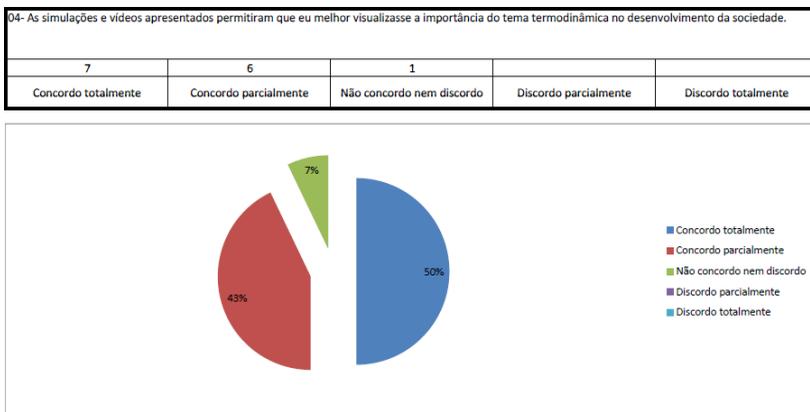
Esta afirmação pretendeu identificar o quanto as TICs utilizadas na apresentação contribuíram para explicitar o quão importante é a participação da ciência no desenvolvimento das tecnologias e da

sociedade, neste caso específico a termodinâmica, e de que forma os conhecimentos da Física atuam neste contexto.

Considerando que nossa apresentação foi estruturada de forma a evidenciar a relação entre história da ciência e sociedade, e que os alunos efetivamente levantaram perguntas com esta visão (principalmente sobre a representatividade da máquina de Watt e motor de ciclo Otto), nossa expectativa era de que a maior parte dos discentes apresentasse um parecer positivo diante da afirmação

Aqui também tivemos respostas conforme o esperado, sendo que mais de 90% dos alunos concordou parcial ou totalmente com a afirmação.

**Tabela 4** – Resposta dos alunos à proposição 04 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 5** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca da relação existente entre pressão, volume e temperatura.*

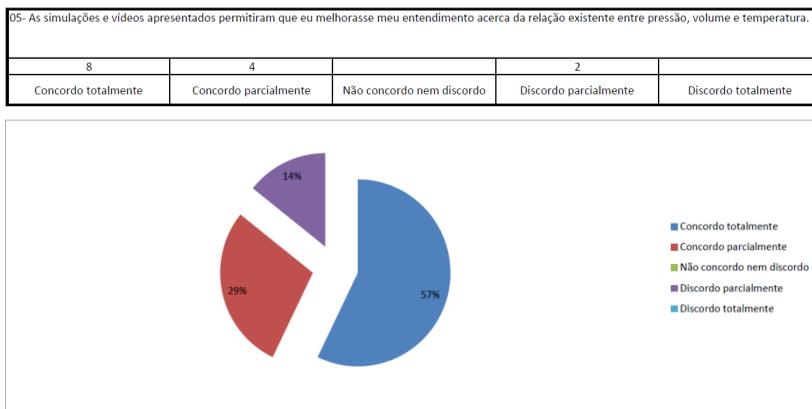
Esta afirmação pretendeu identificar o quanto as TICs utilizadas na apresentação contribuíram para a assimilação por parte dos alunos

dos conceitos corretos de pressão, volume e temperatura e para a identificação da relação existente entre eles, tendo como base para a análise a equação de Clapeyron.

O resultado desta questão representa uma espécie de medida acerca dos objetivos específicos do projeto, pois tenta identificar, pelo ponto de vista do próprio aluno, o quanto as animações, simulações, vídeos e contextualizações facilitaram sua apropriação dos conceitos abordados, neste caso especificamente os conceitos de pressão, volume e temperatura. Nesse contexto, nossa expectativa era que o maior número de alunos concordasse com a afirmação.

Aqui também, segundo a ótica dos alunos, o experimento permitiu que houvesse um aumento no entendimento dos conceitos abordados, considerando que mais da metade concordou totalmente com a afirmação.

**Tabela 5** – Resposta dos alunos à proposição 05 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 6** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.*

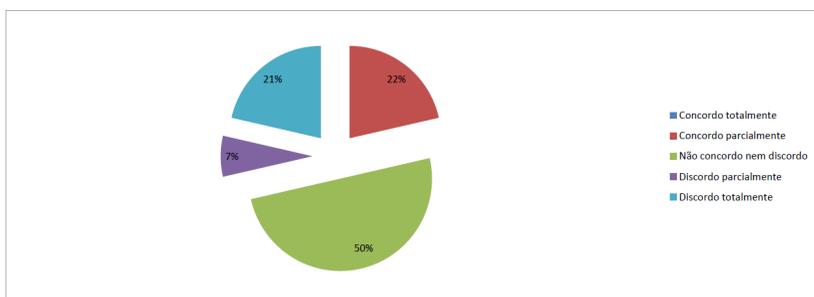
A afirmação pretendeu identificar o quanto as TICs utilizadas na apresentação contribuíram para um maior entendimento por parte dos alunos das transformações termodinâmicas: isocórica, isobárica, isotérmica e adiabática.

Durante a apresentação, além de animações e vídeos, fez-se o uso de gráficos representativos de pressão e volume para a demonstração das transformações termodinâmicas. Neste ponto identificamos um problema de abstracionismo que está ocorrendo em grande número dos alunos de ensino médio: a falta de habilidade para a interpretação de gráficos.

Destá vez metade dos alunos afirmou não saber responder se a proposta efetivamente melhorou os seus conhecimentos acerca das transformações térmicas. Neste caso o resultado não congruiu para nossas expectativas, de forma que em futuras apresentações deverão ser revistas para que as abordagens sejam mais eficientes.

**Tabela 6** – Resposta dos alunos à proposição 06 do questionário.

06- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.				
	3	7	1	3
Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente



**Fonte:** do próprio autor.

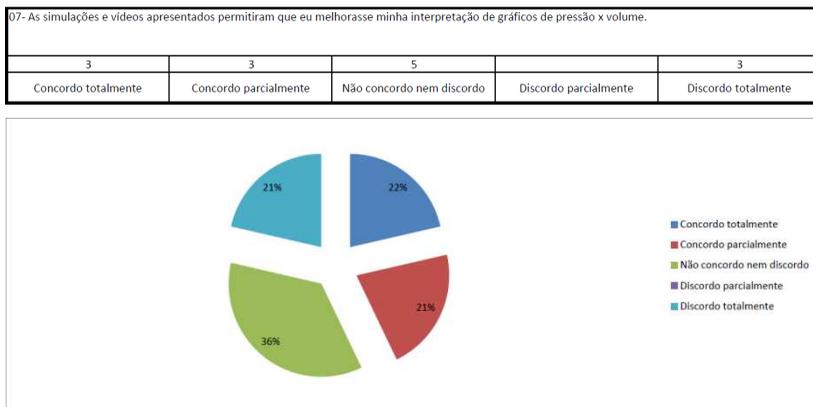
**Proposição 7** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse minha interpretação de gráficos de pressão x volume.*

Conforme citado anteriormente, é patente a dificuldade de um grande número de alunos na interpretação de gráficos. Considerando que em termodinâmica é imprescindível que o aluno saiba interpretar gráficos corretamente, principalmente quando para interpretar os argumentos de pressão, volume e temperatura. Nossa proposta com esta afirmação é identificar, sob o ponto de vista do aluno, o quanto as animações e mídias apresentadas contribuíram para que ele melhorasse sua interpretação de gráficos.

Considerando-se o fato de que além da simples interpretação de gráficos nesta situação era também necessário ao aluno o conhecimento satisfatório dos conceitos de pressão e volume, bem como a interrelação existente entre ambos, esperávamos uma quantidade menor de manifestações positivas à afirmação.

Visualizando as respostas ao questionário comprovamos nossa expectativa, pois de todas as questões apresentadas, está foi a que teve maior equilíbrio no número de respostas favoráveis e contrárias à proposição. Isto talvez deva-se ao fato de que a interpretação de gráficos é uma habilidade abstrata e depende de vários outros fatores e processos experimentados progressivamente para o desenvolvimento, não podendo ser despertada simples e imediatamente com a apresentação animações e vídeos.

**Tabela 7** – Resposta dos alunos à proposição 07 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 8** – *A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo de temas da história da ciência.*

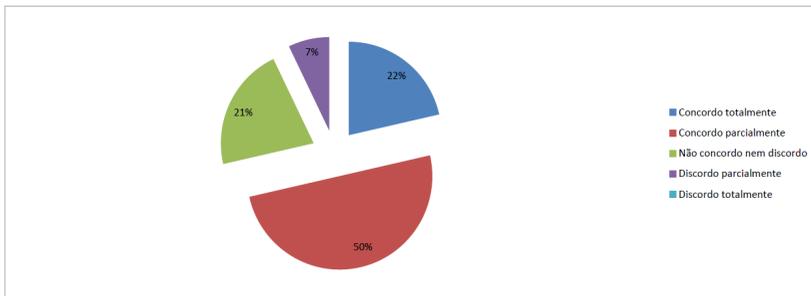
Um dos temas motores para o desenvolvimento do próprio site foi a tentativa de vincular o caminhar da ciência com o desenvolvimento da sociedade, deixando isto de forma explícita. A afirmação tenta permitir uma análise da motivação dos alunos acerca destes temas proporcionada pelos materiais do site.

Nossa esperança era de que a proposição tivesse o máximo de manifestações favoráveis, entretanto é conhecido que vários alunos não demonstram interesse sobre temas científicos, existindo ainda um agravante quando consideramos esta abordagem sob uma ótica histórica, e sabíamos que isso refletiria no teor das respostas.

Observando as respostas identificamos resultados conforme esperado. Podemos considerar o resultado positivo, pois mais da metade dos entrevistados manifestou-se a favor da proposição, porém, devemos também considerar que mais de 30% dos alunos expressaram-se indiferentes à proposta de incentivo ao estudo de história da ciência, considerando ainda que não podemos determinar exatamente o fator determinante deste desinteresse.

**Tabela 8** – Resposta dos alunos à proposição 08 do questionário.

08- A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo de temas da história da ciência.				
3	7	3	1	
Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 9** – *Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.*

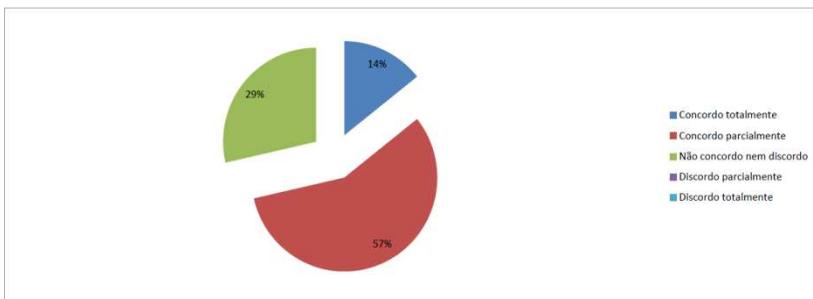
Com esta afirmação pretendeu-se identificar a opinião dos discentes acerca da validade da ideia de construção do site como objeto facilitador ao aprendizado dos conteúdos da disciplina de Física.

Nossa expectativa acerca desta questão era que ela tivesse o máximo de aceitação, pois de forma resumida é ela que efetivamente identificaria a validade do projeto.

O resultado referente à esta afirmação foi relativamente decepcionante, pois apesar de a grande maioria dos alunos ter concordado com a proposição, existiu um número relativamente grande deles, quase 30% dos consultados, que manifestou pouca motivação diante da proposta do projeto.

**Tabela 9** – Resposta dos alunos à proposição 09 do questionário.

09- Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.				
2	8	4		
Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente



**Fonte:** do próprio autor.

Considerando, finalmente, o conjunto das respostas dos alunos e analisando inteiramente o experimento podemos afirmar que, apesar de não ser um resultado unânime, o experimento pode ser considerado sim como sucesso, pois alcançou seu objetivo de facilitador para o aprendizado e, como os alunos demonstram, possibilitou sim uma transposição dos conhecimentos físicos para o seu cotidiano.



## **6. AVALIAÇÃO DOS DOCENTES**

Em contraposição com o questionário respondido pelos alunos participantes das aulas no laboratório de informática, desenvolvemos um questionário online (apêndice 03), através da ferramenta Google forms, com o intuito de compararmos a perspectiva dos professores acerca do potencial motivacional dos conteúdos abordados pelo site com o resultado apresentado pelos alunos.

O questionário encontra-se disponível no endereço <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSd79WsAPacOcYoV2ohrw848JtT6wAxwjYb01YdcKsmmGBM9wA/viewform?c=0&w=1> e suas questões foram desenvolvidas de forma a serem congruentes com as apresentadas aos alunos após a aula aplicando os conteúdos do site “A Física na evolução do automóvel” desenvolvido. As questões também foram desenvolvidas com respostas no formato Likert, sendo as mesmas aplicadas aos discentes, sofrendo apenas as alterações necessárias para ter coerência no contexto docente.

### **6.1. Aplicação**

O questionário foi enviado através de mensagem eletrônica para trinta professores da disciplina de Física, sendo que destes doze efetivamente o responderam. Os professores selecionados tinham como característica comum a docência da disciplina de Física para turmas de ensino médio. Do grupo escolhido é interessante comentar que, nem todos os professores eram formados em Física, existindo também professores formados em engenharia e matemática principalmente. A faixa etária dos professores escolhidos para a consulta variava de 25 a 45 anos, sendo que no questionário não existia campo para esta informação.

No corpo do email era solicitado que o participante acessasse o site <http://automnpef.blogspot.com> explorasse os links “1769- Veículo à vapor”, “1860 - Motor de dois tempos”, “1886 - O automóvel à gasolina” e “1923 - Caminhão à diesel”, referentes ao plano de aula desenvolvido com o tema máquinas térmicas aplicado.

O objetivo do questionário era avaliar o potencial de aplicação do site, como auxiliar didático para as aulas de Física, submetendo-o a uma avaliação dos próprios professores.

## **6.2. Análise dos resultados**

Considerando-se que um dos objetivos na construção do site, senão o maior, é que o mesmo seja utilizado como ferramenta didática auxiliar nas aulas de Física, torna-se extremamente coerente avaliar a expectativa dos docentes com relação a esta prática.

Apesar de considerarmos os resultados totalmente válidos, não devemos esquecer que cada professor utiliza também como parâmetro de análise às proposições suas experiências e convicções pessoais, refletindo-se necessariamente em uma variação natural dos resultados.

A seguir apresentaremos as afirmações propostas aos docentes, bem como sua motivação, expectativa e análise das respostas.

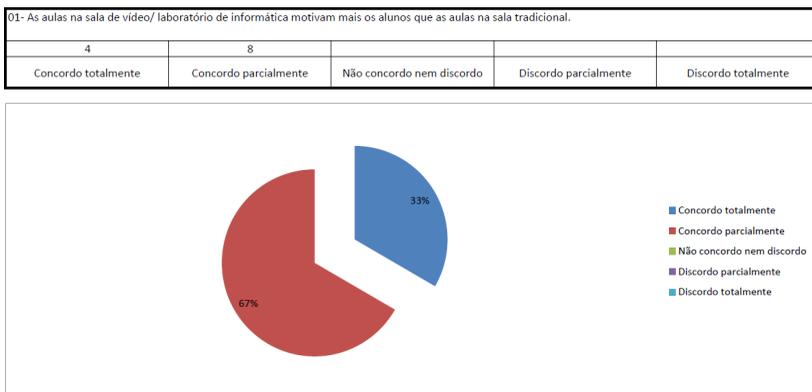
***Proposição 1 – As aulas na sala de vídeo/ laboratório de informática motivam mais os alunos que as aulas na sala tradicional.***

Esta afirmação leva em conta, intrinsecamente, as experiências do professor e suas percepções acerca de aulas desenvolvidas em ambiente diverso da sala tradicional. Na prática, ela avalia de forma subjetiva a predisposição por parte do professor em usar as TICs em suas aulas com maior ou menor frequência.

Como resposta a esta proposição esperávamos expressões de acordo, pois consideramos as TICs uma ótima opção de ferramentas auxiliares didáticas e, sendo aplicadas de forma planejada e oportuna, tornam-se em excelentes meios promotores de motivação aos alunos.

O resultado obtido convergiu exatamente para nossa expectativa, pois todos os professores mostraram-se de acordo com a afirmação, parcial ou totalmente.

**Tabela 10** – Resposta dos professores à proposição 01 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

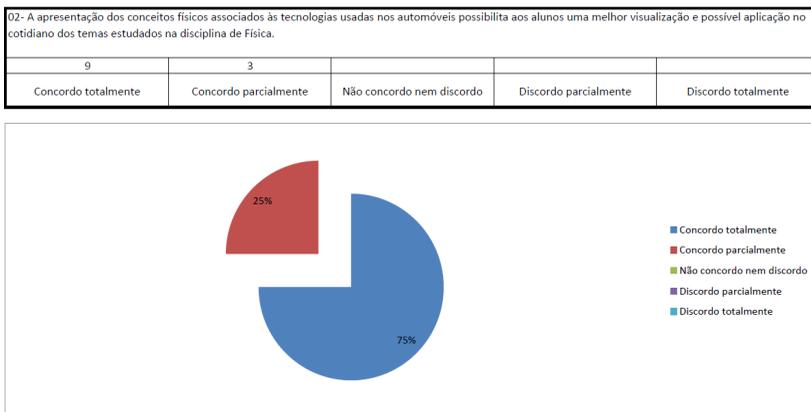
**Proposição 2** – *A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis possibilita aos alunos uma melhor visualização e possível aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.*

Esta afirmação pretendia identificar a expectativa dos entrevistados acerca do tema quando considerado o potencial em relação a contextualização no cotidiano dos alunos.

Considerando a popularidade da ferramenta automóvel e o grande número de tecnologias a ela aplicadas, pretendíamos que a maior parte dos docentes concordasse com a afirmação.

Novamente aqui tivemos resposta positiva, com todos os professores concordando parcial ou totalmente com a afirmação.

**Tabela 11** – Resposta dos professores à proposição 02 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

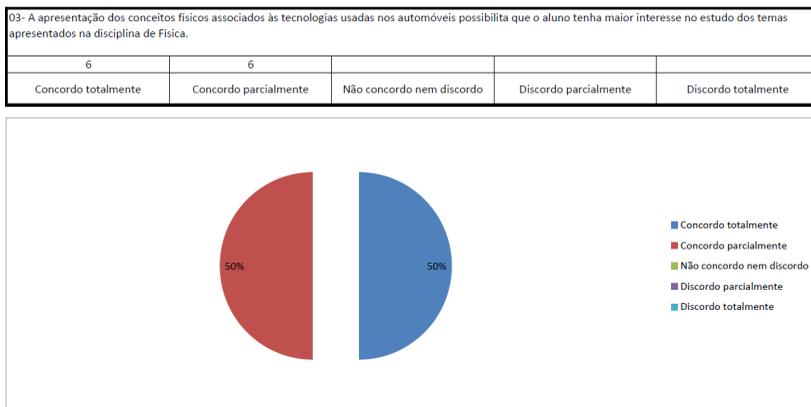
**Proposição 3** – *A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis possibilita que o aluno tenha maior interesse no estudo dos temas apresentados na disciplina de Física.*

Com esta proposição pretendíamos identificar a expectativa dos docentes acerca do uso do automóvel como elemento promotor de motivação aos alunos no aprendizado dos conteúdos de Física.

Esperávamos aqui uma confirmação de nossa proposição, entretanto com um pouco menos de ênfase, pois devemos considerar que no contexto social cultural contemporâneo o automóvel tem representabilidade maior entre o público masculino que entre o feminino, manifestando-se isto também entre os alunos.

Novamente nossa expectativa fez-se correta, de forma que mesmo existindo uma concordância total por parte dos pesquisados com a afirmação, o número dos que concordaram totalmente baixou em relação as afirmações anteriores.

**Tabela 12** – Resposta dos professores à proposição 03 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 4** – *As simulações e vídeos existentes na página permitem que o aluno melhor visualize a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.*

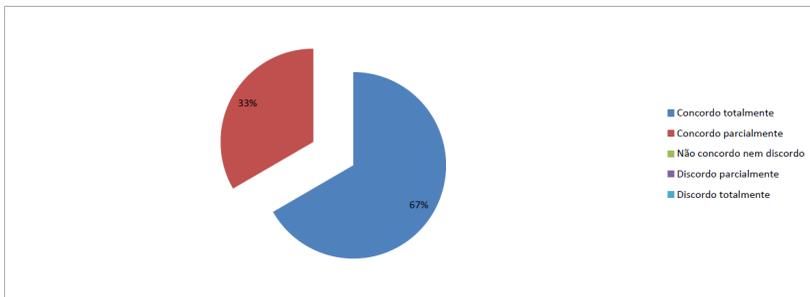
Esta afirmação tem uma associação direta com a proposta do ensino de temas de ciência tecnologia e sociedade, considerando especificamente o conteúdo de termodinâmica para tal. O interesse é identificar como o docente vê as TICs adotadas contribuindo para isto.

Considerando que o próprio site foi estruturado de forma a contextualizar os argumentos históricos, sociais e científicos, esperávamos que os professores identificassem claramente este potencial na proposta.

O resultado indica que, pelo menos aparentemente, os participantes da pesquisa concordaram com a proposição e identificaram a proposta nas simulações e mídias apresentadas.

**Tabela 13** – Resposta dos professores à proposição 04 do questionário.

04- As simulações e vídeos existentes na página permitem que o aluno melhor visualizasse a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.				
8	4			
Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente



**Fonte:** do próprio autor.

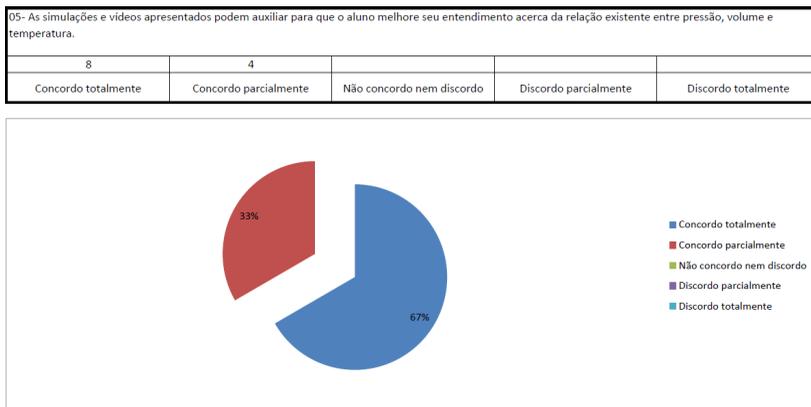
**Proposição 5** – *As simulações e vídeos apresentados podem auxiliar para que o aluno melhore seu entendimento acerca da relação existente entre pressão, volume e temperatura.*

Pretendeu-se identificar o potencial visualizado pelos docentes nas TICs utilizadas para o desenvolvimento dos conceitos de pressão, volume e temperatura, de forma complementar ao apresentado em sala de aula e nos livros.

Quando da programação da aula de apresentação visualizamos uma ótima oportunidade para a exemplificação destas relações, principalmente através da aplicação da equação de Clapeyron nos diagramas P<sub>x</sub>V de ciclos térmicos, principalmente nos de motores de explosão interna de ciclo Otto e Diesel. Foi imaginado que os outros docentes também identificassem este potencial e desta forma concordassem com a afirmação.

Realmente, nossa expectativa foi comprovada, pois todos os professores concordaram com a proposição.

**Tabela 14** – Resposta dos professores à proposição 05 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 6** – *As simulações e vídeos apresentados podem auxiliar para que o aluno melhore seu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.*

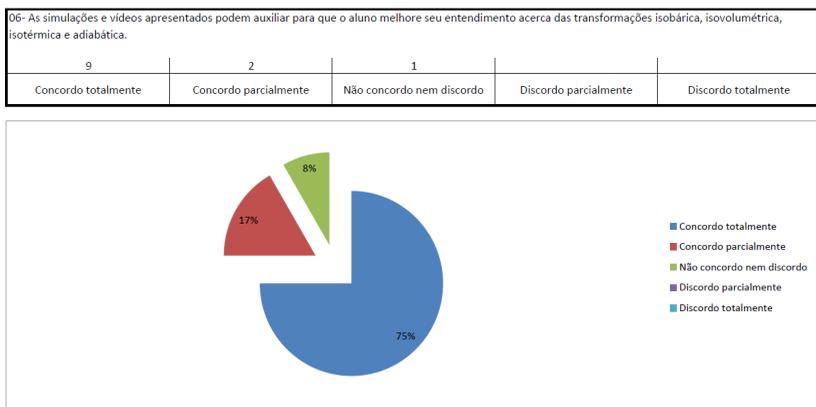
A afirmação pretendeu identificar, sob o ponto de vista dos professores, o quanto as TICs utilizadas na apresentação poderiam contribuir aos alunos para um maior entendimento das transformações isocórica, isobárica, isotérmica e adiabática.

Nossa expectativa era que o maior número de docentes concordasse com a afirmação, pois durante os textos, animações e vídeos apresentados estes conceitos são explicitamente abordados, inclusive nas explicações dos processos constituintes de cada ciclo térmico.

Aqui tivemos uma manifestação de dúvida ao potencial contribuinte da proposta. Apesar da maioria dos professores concordarem com a proposta, um dos participantes manifestou-se de forma omissa. Talvez esta posição deva-se ao fato de que não ocorra de forma enunciada a definição de nenhuma das transformações térmicas, sendo que apenas são apresentadas quando e onde ocorrem. Isto ocorre porque, como já citamos, o site tem o intuito de trabalhar como

ferramenta complementar aos conteúdos apresentados pelo professor e não fonte principal de conteúdo. Entretanto uma possibilidade que passou a ser considerada foi a introdução de um glossário dinâmico, de forma que as palavras com significado nele registrado seriam indicadas no corpo do texto de uma cor característica, possivelmente azul.

**Tabela 15** – Resposta dos professores à proposição 06 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 7** – *As simulações e vídeos apresentados podem auxiliar para que o aluno melhore sua interpretação de gráficos do tipo pressão x volume.*

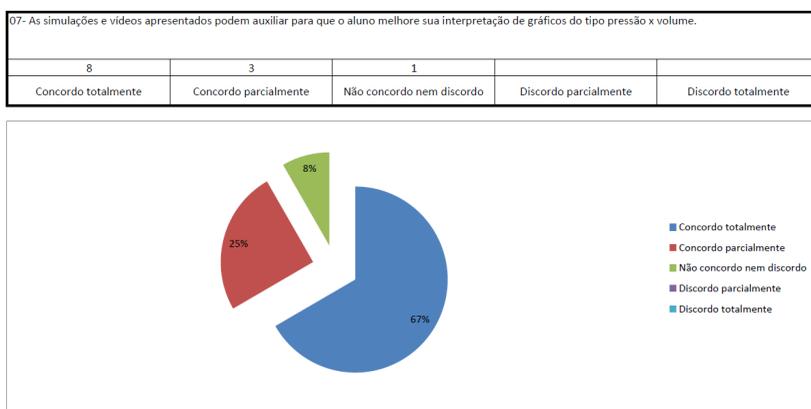
Com esta afirmação pretendíamos identificar como os professores visualizavam um possível desenvolvimento na habilidade dos alunos referente à interpretação de gráficos proporcionado pelo uso dos gráficos PxV nas explicações.

Não existe uma explicação explícita acerca da interpretação dos gráficos apresentados. Foi considerado que, a priori, o professor que estivesse fazendo uso do site se encarregaria das explicações acerca da interpretação dos gráficos. Neste contexto podemos dizer que esta

afirmação servia mais para análise apenas, sem uma expectativa fortemente polarizada.

Visualizando as respostas ao questionário comprovamos nossa expectativa, de forma que o grau de ênfase manifesta pelas respostas de total concordância diminuiu, existindo inclusive uma manifestação de opinião neutra.

**Tabela 15** – Resposta dos professores à proposição 07 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 8** – *A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis incentiva nos alunos o interesse no estudo de temas da história da ciência.*

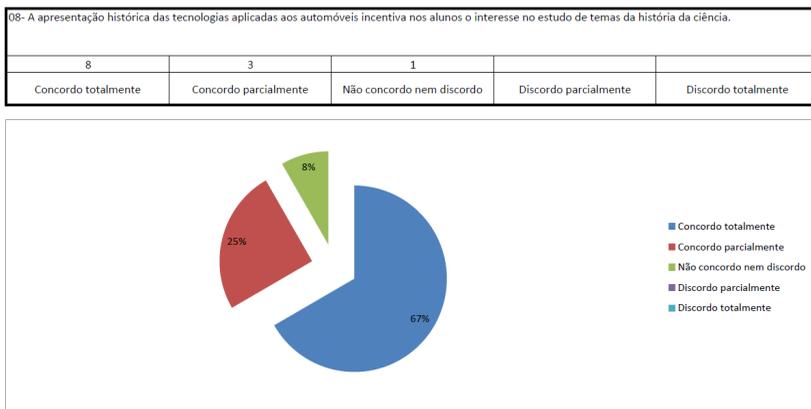
Aqui pretendíamos identificar se a adoção de uma progressão cronológica associada à evolução dos automóveis e ao contexto histórico-social de cada tecnologia poderia ser elemento motivador aos alunos para o estudo de temas da história da ciência, segundo a análise do docente entrevistado.

A expectativa era de que a afirmação tivesse a maioria de manifestações favoráveis, entretanto é fato conhecido por parte dos

professores que vários alunos não demonstram naturalmente o interesse sobre temas científicos, principalmente quando consideramos uma abordagem histórica, e sabemos que os professores lembrariam-se disto ao formularem as suas respostas.

Vemos aqui também a comprovação de nossa expectativa, de forma que mesmo tendo mais da metade dos entrevistados concordando totalmente com a afirmação, existiu aqui também uma manifestação de dúvida à validade motivacional da proposta para o estudo da história da ciência.

**Tabela 17** – Resposta dos professores à proposição 08 do questionário.



**Fonte:** do próprio autor.

**Proposição 9** – *Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.*

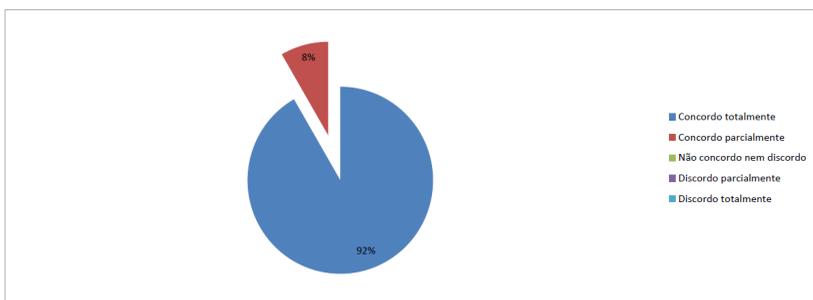
Por esta afirmação pretendeu-se mensurar a validade da construção do site e sua proposta como objeto complementar para o ensino dos conteúdos da disciplina de Física, sob a visão dos docentes.

Acerca desta questão tínhamos a expectativa do máximo de aceitação, pois de forma simples é ela que efetivamente indicaria a validação do projeto do ponto de vista docente.

Considerando-se as respostas apresentadas podemos dizer que obtivemos um resultado efetivamente válido segundo a análise docente, pois todos os professores manifestaram-se a favor da proposição, seno que destes apenas um não se manifestou totalmente a favor, e sim apenas parcialmente.

**Tabela 18** – Resposta dos professores à proposição 09 do questionário.

09- Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.				
11	1			
Concordo totalmente	Concordo parcialmente	Não concordo nem discordo	Discordo parcialmente	Discordo totalmente



**Fonte:** do próprio autor.

A última questão apresentou-se no formato aberto, afim de que os professores manifestassem sua opinião acerca da experiência:

*10 - Caso possua alguma ideia ou opinião que considere pertinente à experiência, descreva-a no quadro abaixo.*

A seguir apresentamos alguns dos comentários:

**Figura 31** – Resposta dos professores à proposição 10 do questionário.

Seria interessante que tivesse sequências didáticas prontas para que o professor que quiser usar n precise planejar isso.... tendo ainda que analisar todos os links.

Sensacional!!

Trabalho muito bem elaborado porém, ainda existem erros ortográficos que precisam de revisão. Provavelmente passarei a utilizá-lo.

Evitar o uso de língua estrangeira pois a mesma nem sempre é dominada por todos os alunos, principalmente se a aula for aplicada a alunos de escola pública.

**Fonte:** do próprio autor.

Como vemos, os comentários são bastante relevantes e podem servir como referência para futuras alterações no site.

Analisando o conjunto total das respostas dos professores podemos verificar um reconhecimento do potencial da proposta, juntamente com sua validade. Isso representa certamente um resultado vitorioso à proposta, pois indica que vários professores tem real interesse de fazer uso em suas futuras aulas dos argumentos, animações, vídeos e simulações presentes no site desenvolvido, aplicando-os como objeto didático, representando assim que nosso projeto atingiu efetivamente seu objetivo.

## **7. COMPARAÇÃO DOS RESULTADOS: DISCENTES X DOCENTES**

Faremos a seguir uma comparação entre os resultados apresentados nos questionários respondidos pelos alunos e os resultados apresentados no questionário aplicado aos docentes, bem como uma breve interpretação dos resultados.

### **7.1. Com relação ao ambiente das aulas:**

Ao compararmos os resultados das respostas apresentadas por professores e alunos podemos identificar uma considerável divergência entre as impressões de cada grupo.

Analisando as respostas dos professores podemos verificar que todos concordaram em maior ou menor grau que, sob sua perspectiva, os alunos tem preferência às aulas no laboratório de informática quando comparadas às aulas em sala. Entretanto, se analisarmos o resultado das respostas dos alunos, iremos identificar que mais de um quinto dos entrevistados afirmou preferir as aulas em sala às aulas de laboratório de informática.

Apesar do fato da maioria dos alunos realmente manifestar-se com preferência pelas aulas em laboratório de informática, é interessante identificar que alguns alunos preferem manter o ambiente de aula costumeiro. Um dos possíveis motivos para esta situação é que, se por um lado os professores apresentam uma considerável expectativa com relação a aceitação das aulas por eles planejadas fora do cotidiano (situação compreensível, pois tais aulas requerem um planejamento extra, além de agendamento do laboratório e vários outros procedimentos complementares), por outro lado os alunos já não apresentam o mesmo entusiasmo para estas experiências, pois com a realidade tecnológica contemporânea o contato com mundo digital já tornou-se corriqueiro.

## **7.2. Da validade da proposta como elemento contextualizador do cotidiano na disciplina de Física:**

Comparando o resultado de docentes e discentes, neste caso, podemos identificar que existiu um considerável nível de concordância com relação a proposta. Tanto alunos quanto professores concordaram na afirmação de que a proposta do site, a apresentação dos conceitos físicos presentes na evolução do automóvel apresenta potencial efetivo de contextualização com elementos presentes no cotidiano dos alunos. Neste caso possivelmente o motivo da congruência de opiniões deve-se apenas a força do argumento, pois é fato inegável que na realidade contemporânea o automóvel é uma ferramenta extremamente presente e necessária, participando em algum nível em praticamente todas atividades humanas.

## **7.3. Da validade da proposta como elemento motivacional:**

Neste ponto pudemos identificar a percepção dos professores acerca dos variados graus motivacionais dos alunos. Como vimos anteriormente, a motivação não é resultado de um único fator, sendo influenciada inclusive por fatores que se localizam fora da amplitude escolar. Um dos elementos determinantes para a motivação é o interesse do próprio aluno, e este pode variar conforme as experiências sociais e culturais de cada indivíduo, sendo inclusive fator determinante o grupo no qual o indivíduo está inserido.

Analisando as respostas dos professores observamos que metade deles afirmou concordar apenas parcialmente que um tema vinculado à evolução do automóvel pudesse ser efetivamente motivador à todos os alunos. Por exemplo, sabemos que culturalmente temas ligados ao automobilismo tem uma representatividade maior entre o público masculino. Desta forma, é previsível que um tema ligado ao automobilismo apresentasse maior força motivacional entre o grupo masculino de discentes que no grupo feminino.

#### **7.4. Da contribuição da proposta para um melhor entendimento dos conteúdos da disciplina:**

Quando se refere a este quesito é possível observar certa divergência entre as impressões obtidas pelos alunos e as perspectivas visualizadas pelos professores. Considerando as respostas apresentadas pelos professores pudemos identificar que a maioria destes considera que as TIC apresentadas efetivamente possibilitam uma melhoria no aprendizado do aluno no que se refere aos temas abordados na disciplina de Física. Entretanto, quando analisamos as respostas apresentados pelos alunos identificamos que estes não apresentam-se tão seguros quanto ao potencial elucidativo das TIC e do conteúdo do site quanto ao esclarecimento dos conteúdos de Física, principalmente no que se refere a interpretação de gráficos e relações entre grandezas. Tal discrepância pode ter origem no fato de, a priori, os professores por considerarem que todos os alunos tenham os conhecimentos matemáticos básicos que possibilitem uma interpretação clara dos argumentos apresentados. O que ocorre, entretanto, é que uma grande parte dos alunos ainda não desenvolveu plenamente o pensamento abstrato ou não possui o conhecimento matemático necessário para alicerce das análises e interpretações dos argumentos.

#### **7.5. Da validade da proposta como elemento incentivador ao estudo de temas da história da ciência e sociedade:**

Um dos objetivos da proposta em adotar uma evolução cronológica do automóvel era exatamente vincular esta evolução à evolução da ciência. Ressaltar que avanços científicos e avanços tecnológicos caminham juntos e são determinantes na construção da realidade social e cultural de cada época, assinalando bases e limites.

Tornando-se explícita esta relação, era imaginável e desejável que os alunos identificassem a necessidade de conhecer o panorama científico de cada época a fim de poder interpretar de forma clara os eventos históricos ocorridos, bem como a relevância social e cultural existente no ato de fazer ciência. É importante identificar que a mudança de paradigmas científicos, a troca de uma antiga teoria por uma nova teoria, não está unicamente vinculado à força desta nova teoria, mas também à aceitação que esta venha a ter.

Numa comparação entre as impressões de docentes e discentes pudemos identificar que, considerando-se as variações admissíveis, tanto os alunos quanto os professores consideram que o uso do site durante as aulas de Física pode contribuir para um aumento de interesse acerca de temas de história da ciência.

## **7.6. Da validade da proposta de construção do site:**

Tanto para as respostas dos docentes quanto para as dos discentes esta questão é o que podemos chamar de impressão derradeira do projeto, pois é ela que vai explicitar pura e simplesmente se a proposta foi aceita como válida ou ação inerte.

Neste caso também existe o interesse que o resultado das respostas de alunos e professores seja o mais congruente possível, pois o parecer dos professores indicará uma perspectiva quanto à aplicabilidade dos conteúdos, enquanto que o parecer dos alunos fornecerá uma perspectiva quanto à aceitação do projeto. É nosso interesse básico, a fim de que exista uma dinâmica consistente e eficiente, que o projeto seja tanto aplicado pelos professores quanto aceito pelos alunos.

Apesar de obtermos um resultado considerado positivo, pois nenhum dos entrevistados manifestou discordância em relação ao projeto, comparando as respostas de professores e alunos, encontramos aqui uma considerável divergência: enquanto todos os professores manifestaram-se aprovando efetivamente o projeto, alguns alunos, em quantidade superior a um quarto dos entrevistados manifestaram-se apáticos diante da proposta. Uma das possíveis razões para esta divergência pode ser o fato de que em sua análise, os docentes analisam especificamente a própria disposição em empregar os conteúdos em suas aulas, sendo que neste contexto desconsideram os interesses individuais dos alunos, sendo estes variados e divergentes. Em contrapartida, quando os alunos avaliam a validade da proposta estes o fazem mensurando-a dentro do universo de seus próprios interesses, sendo que aqui, efetivamente temos não só a percepção da aceitação como aval individual de cada aluno quanto da variedade e multiplexidade dos interesses individuais dos alunos. Podemos assim entender um número determinado de alunos apáticos à proposta não como questionando a

efetiva validade do projeto, mas sim expressando que não consideram o automóvel como um elemento motivador particularmente.



## 8. ALTERAÇÕES PROPOSTAS

Considerando a experiência adquirida através do desenvolvimento do site, da edição e formatação do material, da aplicação em aula e da análise dos resultados, pudemos identificar várias alterações que serão de grande valia, tanto para a otimização e expansão dos conteúdos quanto para aumentar o potencial didático dos conteúdos e TIC disponibilizados. Citaremos brevemente alguns deles:

*Transformar os conteúdos acessíveis através de links externos em conteúdos do próprio site* – Esta ação tem como interesse tornar elementos do site, principalmente vídeos, animações, simulações e hipertextos independentes de endereços externos. Na estrutura atual vários elementos apresentam-se apenas incorporados ao site, sendo que sua localização real encontra-se em outro endereço da world wide web, sendo que qualquer alteração no endereço original da aplicação implicará em alterações e possíveis erros no conteúdo do site.

*Traduzir todos os elementos existentes em outras línguas* – Muitos dos conteúdos do site, em especial as animações e simulações, tem origem em páginas de outros países publicadas em língua inglesa ou espanhola. Isto tem reflexo diretamente sobre o entendimento da proposta de cada objeto educacional, pois um entendimento errôneo quanto à expectativa das TICs pode invalidar o experimento.

*Montar algumas opções de plano de aula com o uso de tópicos do site* – Como resposta à questão aberta proposta no questionário dos docentes alguns destes apresentaram a proposta de que fossem disponibilizadas na página algumas opções de plano de aula com a utilização do conteúdo presente. Uma opção ainda mais ampla seria a disponibilização na página de um ambiente aberto, onde diversos professores pudessem carregar seus próprios planos de aula, elaborados com a utilização de elementos do site, a fim de que as experiências positivas possam ser socializadas.

*Transformar o site em um ambiente colaborativo, com a possibilidade de contribuição e criação de conteúdo por diversos participantes* – Uma forma de tornar a página mais dinâmica e possibilitar o aumento de conteúdo seria habilitar a participação de outros professores como editores de conteúdo. Neste contexto, os novos conteúdos deveriam ser formatados conforme o layout padrão do site antes da publicação. Para

garantir esta estrutura, seria necessário estabelecer uma hierarquia de usuários, onde apenas um administrador seria habilitado à publicação de conteúdo, sendo que todos os outros usuários atuariam como editores de conteúdo, e a produção por estes executada seria publicada somente após a liberação do administrador.

As possíveis alterações descritas começaram a ser implementadas logo após a sua identificação. É interessante observar, entretanto, que algumas das alterações demandam a participação de outros usuários editando o conteúdo do site, e neste caso necessita-se ainda o desenvolvimento de uma estrutura hierárquica de acessos, determinando qual a amplitude de edição de cada tipo de usuário. Outro ponto determinante refere-se ao fato de que, para que os objetos existentes em outra língua sejam traduzidos é necessária a edição de sua programação. Considerando as origens diversas dos materiais disponibilizados, imagina-se também a necessidade da utilização de diversos tipos de editores, sendo que estes nem sempre serão de pleno domínio do responsável pela edição. Essa necessidade de aquisição de conhecimento pode converter-se em menor celeridade no processo de implantação de melhorias.

## 9. CONCLUSÃO

No que tange a construção da página web como objeto didático podemos identificar vários pontos que podemos considerar efetivamente relevantes. Inicialmente observou-se que existe uma considerável dificuldade em homogeneizar todos os conteúdos necessários ao desenvolvimento de cada tópico. Isto se deve principalmente a diversificada origem de material.

Outra dificuldade encontrada neste contexto é que boa parte do argumento não encontra-se em um formato apresentável didaticamente, encontrando-se muitas vezes com explicações que fazem uso de nomenclatura técnica, sendo necessária sua transliteração para um argumento didaticamente utilizável.

Levando-se em consideração a enorme popularidade que o uso de smartphones desfruta atualmente, podemos identificar outra particularidade: muitas das animações e simulações disponibilizadas no site necessitam de plugins ou programas adicionais (como Java, por exemplo) para seu correto funcionamento. Identificamos, entretanto, que alguns destes programas não encontram-se disponibilizados para os sistemas operacionais Android e IOS, o que restringe sobremaneira a amplitude do site.

Ressaltamos, entretanto, que nossa página web apresentou-se totalmente aplicável e funcional quando da utilização das configurações corretas de software, considerando que as restrições identificadas aplicam-se a casos específicos.

Analisando-se a aceitação por parte dos professores observou-se que esta ocorreu de forma bastante positiva, considerando que todos os professores consultados vislumbraram a aplicação dos conteúdos desenvolvidos no contexto de suas aulas.

Lembramos também que uma maior ou menor relevância do conteúdo do site em uma aula programada dependerá consideravelmente da habilidade do docente, considerando-se que este poderá fazer uso do material apenas como elemento lúdico ou estabelecer uma possível relação com a história da ciência e sociedade.

Considerando a aceitação por parte dos alunos, pudemos identificar que a mesma também foi bastante positiva, manifestando, entretanto, certa heterogeneidade. A grande maioria dos alunos gostou bastante da proposta manifestando inclusive interesse em temas periféricos e complementares ao conteúdo. Por outro lado alguns alunos não manifestaram uma motivação desejada quando adicionados ao conteúdo da aula os materiais do site. Identificamos, porém, que tal não se deveu a uma rejeição à proposta de nossa página web, mas sim a uma falta de interesse no tema escolhido, mais especificamente o automóvel.

Desta forma, admitimos que com um planejamento correto de aula que considere e trabalhe os interesses individuais dos alunos, o argumento de nossa página web poderá converter-se em elemento ativo no acréscimo de motivação aos alunos.

Avaliando de forma completa nosso projeto, sua proposta e resultados de forma ampla, podemos considerar que seus objetivos como elemento motivacional foram efetivamente alcançados. Seu desenvolvimento possibilitou-nos ainda visualizar um conjunto de elementos e particularidades determinantes na ação didática motivacional que dificilmente de outra maneira poderiam ser identificados.

## 10. REFERÊNCIAS

AMES, C. Classrooms: goals, structures, and student motivation. **Journal of educational psychology**, v. 84, n. 3: p. 261-271, 1992.

ARRUDA, S. M. **Entre a inércia e a busca. Reflexões sobre a formação em serviço e professores de Física do ensino médio**. 2001. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BARAN, R; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil**, In: XIII Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, p. 207-224, Nov. 2010.

BARKER, P. **What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata?** Centre for Educational Technology, Interoperability and Standards, 2004. Disponível em <http://publications.cetis.org.uk/wp-content/uploads/2011/02/WhatIsIEEELOM.pdf>. Consultado em 20 de abril de 2017.

BERTÃO, A. M.; FERREIRA, M. S.; dos SANTOS, M. R. **Pensar a escola sob os olhares da psicologia**. Biblioteca das ciências do Homem, edições Afrontamentos, Porto, Portugal, 1999.

BRUNER, J. **O Processo da educação Geral**. 2ª ed. São Paulo: Nacional, 1991.

SENA DOS ANJOS, A. J. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: A simulação educacional na educação de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3: p. 569-600, dez. 2008.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 4 ed. Trad. Rosisca Darcy de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e terra, 1979, p. 93.

GUIMARÃES, S. E. R. **Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula**. In: BORUCHOVITH, E.; BZUNECK,

J. A. (Org.). A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001

GUIMARÃES, S. E. R. **A organização da escola e da sala de aula como determinante da motivação intrínseca e da meta aprender.** In: BORUCHOVITH, E.; BZUNECK, J. A. (Org.). A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea Petrópolis: Vozes, 2001.

JUCÁ, S.C.S. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. **Ciência & Cognição.** V. 08, p. 22-28, ago. 2006

LABURU, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA (Brasil). **Parâmetros curriculares para o ensino médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília, 140 p, 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 1999.

MOTA, M. S. G; PEREIRA, F. E. L. **Processo de construção do conhecimento e desenvolvimento mental do indivíduo.** Pós-graduação em educação profissional técnica de nível médio integrado ao ensino médio na modalidade EJA - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. 11p.

NASCIMENTO, G. **O professor e as tecnologias intelectuais: uma parceria que pode dar certo.** In: ALVES, L. R. S.; SILVA, J. B. (Orgs.). Educação e ciber-cultura. Salvador: EDUFBA, 2001.

PESSOA, M.I.F. Novas Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação: Fundamentação e Experiências do Pará no Ensino de Ciências. In: OLIVEIRA, T.R.C. **Refletindo o Ensino de Ciências no Pará.** p103. São Paulo: Imprensa Oficial, 2002.

PIAGET, J. **O nascimento do raciocínio na criança**. 5ª. Ed. São Paulo: El Ateneo, 1993.

RYAN, R. M. & STILLER, J. The social contexts of internalization: parent and teacher influences on autonomy, motivation and learning. In MAEHR, Martin L. & AMES, Russell (eds.). **Advances in motivation and achievement**. Connecticut: Jai Press Inc., v. 7, p. 115-149, 1991.

SANTOS, A. N; LIMA, M. A. **Motivação em sala de aula**. Secretária de Estado, Educação e Lazer do Mato Grosso. 2014. Disponível em <http://www.seduc.mt.gov.br/Paginas/Motiva%C3%A7%C3%A3o-em-sala-de-aula.aspx>. Consultado em 12 de fevereiro de 2017.

SOUZA FILHO, G. F. **Simuladores computacionais para o ensino de Física básica: uma discussão sobre produção e uso**. Dez. 2010. Tese (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy**. Em D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Versão Online*, 2000. Disponível em <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Consultado em 12 de fevereiro de 2017.

[https://en.wikipedia.org/wiki/François\\_Isaac\\_de\\_Rivaz](https://en.wikipedia.org/wiki/François_Isaac_de_Rivaz) consultado em 15 de maio de 2016.

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Benz\\_Patent-Motorwagen](https://pt.wikipedia.org/wiki/Benz_Patent-Motorwagen) consultado em 08 de maio de 2016.1

<http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/motor-4-tempos-funcionamento-ciclo-otto-injecao.html> consultado em 08 de agosto de 2016.

[http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo\\_otto.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm) consultado em 08 de maio de 2016.

[http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/\\_ensinandoasleisdatermodi.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_ensinandoasleisdatermodi.trabalho.pdf) consultado em 12 de maio de 2016.

<https://sites.google.com/a/ifpr.edu.br/fisica-ifpr/gifs-animados> consultado em 08 de maio de 2016.

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/> consultado em 08 de maio de 2016.

<http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/indice.htm> consultado em 08 de maio de 2016.

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations) consultado em 30/04/2016.

<http://auto.howstuffworks.com/engine3.htm> consultado em 30/04/2016.

# 11 – ANEXOS

## Anexo 01

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
2 <!DOCTYPE html>
3 <html b:version='2' class='v2' expr:dir='data:blog.languageDirection' xmlns='http://www.w3.org/1999/xhtml' xmlns:b='http://www.google.com/2005/gml/b'
4 xmlns:data='http://www.google.com/2005/gml/data' xmlns:expr='http://www.google.com/2005/gml/expr' >
5 <head>
6 <meta expr:content='data:blog.isMobile ? &quot;device-width&quot;,initial-scale=1.0,minimum-scale=1.0,maximum-scale=1.0&quot;' :
7 &quot;width=1100&quot;;' name='viewport' />
8 <b:include data='blog' name='all-head-content' />
9 <title><data:blog.pageTitle/></title>
10 <b:skin></b:skin>
11 <b:template-skin></b:template-skin>
12 <b:include data='blog' name='google-analytics' />
13 </head>
14 <body expr:class='&quot;loading&quot; + data:blog.mobileClass'>
15 <b:if cond='data:blog.pageType == &quot;index&quot;';>
16 <div itemscope='itemscope' itemType='http://schema.org/Blog' style='display: none;'>
17 <meta expr:content='data:blog.title' itemprop='name' />
18 <b:if cond='data:blog.metaDescription'>
19 <meta expr:content='data:blog.metaDescription' itemprop='description' />
20 </b:if>
21 </div>
22 </b:if>
23 <div class='body-fauxcolumns'>
24 <div class='fauxcolumn-outer body-fauxcolumn-outer'>
25 <div class='cap-left' />
26 <div class='cap-right' />
27 </div>
28 <div class='fauxborder-left' />
29 <div class='fauxborder-right' />
30 <div class='fauxcolumn-inner'>
31 </div>
32 </div>
```

[...]

```
1830 <macro:else/>
1831 <b:section mexpr:class='data:col.class' mexpr:id='data:col.idPrefix + &quot;-1&quot;' preferred='yes' showaddelement='yes' />
1832
1833 <macro:if cond='data:col.num &gt;= 2'>
1834 <table border='0' cellpadding='0' cellspacing='0' mexpr:class='&quot;' section-columns columns='&quot; + data:col.num'>
1835 <tbody>
1836 <tr>
1837 <td class='first columns-cell'>
1838 <b:section mexpr:class='data:col.class' mexpr:id='data:col.idPrefix + &quot;-2-1&quot;' />
1839 </td>
1840
1841 <td class='columns-cell'>
1842 <b:section mexpr:class='data:col.class' mexpr:id='data:col.idPrefix + &quot;-2-2&quot;' />
1843 </td>
1844
1845 <macro:if cond='data:col.num &gt;= 3'>
1846 <td class='columns-cell'>
1847 <b:section mexpr:class='data:col.class' mexpr:id='data:col.idPrefix + &quot;-2-3&quot;' />
1848 </td>
1849 </macro:if>
1850
1851 <macro:if cond='data:col.num &gt;= 4'>
1852 <td class='columns-cell'>
1853 <b:section mexpr:class='data:col.class' mexpr:id='data:col.idPrefix + &quot;-2-4&quot;' />
1854 </td>
1855 </macro:if>
1856 </tr>
1857 </tbody>
1858 </table>
1859
1860 <macro:if cond='data:col.includeBottom'>
1861 <b:section mexpr:class='data:col.class' mexpr:id='data:col.idPrefix + &quot;-3&quot;' showaddelement='no' />
1862 </macro:if>
1863 </macro:if>
1864 </macro:if>
1865 </macro:includable>
1866
1867 <b:section-contents id='footer-1' /></html>
```



## Anexo 02

**Temas**

Plano de fundo  
Ajustar larguras  
Layout  
Avançado

**Agora no blog**  
Baseado em **Simple**

Você personalizou este tema. [Remover personalizações](#)

**Temas**

**Imagem de plano de fundo**

**Plano de fundo**

Ajustar larguras  
Layout  
Avançado

[Remover imagem](#)

Alinhamento  
 Bloco  
 Rolar com a página

**Cor de tema principal**

Mude o esquema de cores do seu blog.  
Vá para a guia **Avançado** para personalizar as cores de elementos específicos.

**Temas sugeridos**

[Usar plano de fundo e cores padrão](#)

**Temas**

**Todo o blog**

Plano de fundo  
**Ajustar larguras**  
Layout  
Avançado

Min  Máx 1120 pixels

[Redefinir larguras para o padrão do tema](#)

**Temas**

**Layout do corpo**

**Layout do rodapé**

Plano de fundo  
Ajustar larguras  
**Layout**  
Avançado

Accesse **Panel > Layout** no Blogger para adicionar, remover, editar ou reorganizar os gadgets.

**Temas**

**Texto da página**

Plano de fundo  
Links  
Ajustar larguras  
Layout  
**Avançado**

Planos de fundo  
Título do blog  
Descrição do blog  
Texto das guias  
Plano de fundo das guias  
Título da

**Fonte**

Arial  
Courier  
Georgia  
Impact  
Times New Roman

**Cor do texto**

#000000

Cores deste tema

Cores sugeridas

[Limpar as alterações avançadas em texto da página](#)

**Temas**

**Planos de fundo**

Plano de fundo  
Links  
Ajustar larguras  
Layout  
**Avançado**

Plano de fundo das guias  
Título da

**Plano de fundo externo**

transparent

Cores deste tema

Cores sugeridas

**Plano de fundo principal**

transparent

Cores deste tema

Cores sugeridas

**Plano de fundo do cabeçalho**

transparent

Cores deste tema

Cores sugeridas

[Limpar as alterações avançadas em planos de fundo](#)

## Anexo 03

The image displays a vertical stack of six panels, each representing a different customization option in a theme. Each panel has a left sidebar with navigation options: 'Temas', 'Plano de fundo', 'Ajustar larguras', 'Layout', and 'Avançado'. The main area of each panel contains the specific settings for that option, including color pickers, font selectors, and text input fields. A link to 'Limpar as alterações avançadas em...' is provided at the bottom of each panel.

- Panel 1: Links**
  - Cor do link: transparent
  - Cor de itens visitados: transparent
  - Cor do destaque: transparent
- Panel 2: Título do blog**
  - Fonte: PT Sans, PT Sans Caption, PT Sans Narrow, **Playtone One**
  - Cor do título: #ffff
- Panel 3: Descrição do blog**
  - Cor da descrição: #ffff
- Panel 4: Texto das guias**
  - Fonte: Arial, Courier, Georgia, **Impact**, Times New Roman
  - Cor do texto: #999999
  - Cor selecionada: transparent
- Panel 5: Plano de fundo das guias**
  - Cor do plano de fundo: transparent
  - Cor selecionada: transparent
- Panel 6: Título da postagem**
  - Fonte: Arial, Courier, Georgia, **Impact**, Times New Roman

## Anexo 4

The image displays a theme editor interface with a sidebar on the left and a main content area on the right. The sidebar contains the following menu items: Temas, Plano de fundo, Ajustar larguras, Layout, **Avançado**, and Adicionar CSS. The main content area is divided into several panels, each corresponding to a different theme element. Each panel includes a color picker, a 'Cores deste tema' (Current theme colors) section with a grid of color swatches, and a 'Cores sugeridas' (Suggested colors) section with another grid of color swatches. A link labeled 'Limpar as alterações avançadas em...' is present at the bottom of each panel.

- Panel 1:** 'Cabeçalho de data'. Options include 'Cor do texto' (#cccccc), 'Cor do plano de fundo' (transparent), and 'Fonte do texto' (Arial, Courier, Georgia, Impact, Times New Roman). Font size is set to 11px.
- Panel 2:** 'Rodapé da postagem'. Options include 'Cor do texto' (#888888), 'Cor do plano de fundo' (transparent), and 'Cor da sombra' (transparent).
- Panel 3:** 'Gadgets'. Options include 'Fonte do título' (Arial, Courier, Georgia, Impact, Times New Roman), 'Cor do título' (#ffff), and 'Cor alternativa' (#999999).
- Panel 4:** 'Imagens'. Options include 'Cor do plano de fundo' (#000000), 'Cor de borda' (transparent), and 'Cor do texto da legenda' (transparent).
- Panel 5:** 'Destques'. Options include 'Cor da linha do separador' (transparent) and 'Cor da borda das guias' (transparent).
- Panel 6:** 'Cor do botão em dispositivos móveis'. Option is 'Cor do botão em dispositivos móveis' (transparent).
- Panel 7:** 'Adicionar CSS personalizado'. Includes a link 'Saiba mais sobre como editar um código de tema' and a text area for adding CSS.



## Anexo 05

```
<html>

<body style="margin-bottom: 8cm;">

<style>
.linha1 {
position:absolute;top:-10px:center;
background-color:rgba(255,255,255,0.9);
border:1px solid black;
border-radius:10px;
display:none;
padding:2em;
width:30% height:10%;
}
.linha2 {
position:absolute;top:200px:center;
background-color:rgba(255,255,255,0.9);
border:1px solid black;
border-radius:10px;
display:none;
padding:2em;
width:30% height:10%;
}
.linha3 {
position:absolute;top:400px:center;
background-color:rgba(255,255,255,0.9);
border:1px solid black;
border-radius:10px;
display:none;
padding:2em;
width:30% height:10%;
}
.linha4 {
position:absolute;top:600px:center;
background-color:rgba(255,255,255,0.9);
border:1px solid black;
border-radius:10px;
display:none;
padding:2em;
width:30% height:10%;
}
</style>

<!-- IMAGENS -->

<table>
<tr>
<td>
<br />
1672 - A ebulição como motor</td>

<td>
<br />
1746 - Veículo à vapor</td>
```

<td>  
<br />  
1805 - Automóvel anfíbio</td>

<td>  
<br />  
1807 - Combustível hidrogênio </td>

</tr>  
</table>  
<br />

<table>  
<tr>

<td>  
<br />  
1860 - Motor de dois tempos</td>

<td>  
<br />  
1886 - O automóvel à gasolina</td>

<td>  
<br />  
1888 - O automóvel elétrico</td>

<td>  
<br />  
1891 - Pneu automotivo</td>

</tr>  
</table>  
<br />

<table>  
<tr>

<td>  
<br />  
1901 - Freios à disco</td>

<td>  
<br />  
1912 - O farol elétrico</td>

<td>  
<br />  
1923 - Caminhão à diesel</td>

<td>

<br />  
1940 - Transmissão automática</td>

</tr>  
</table>  
<br />

<table>  
<tr>

<td>

<br />  
1957 - Injeção eletrônica</td>

<td>

<br />  
1974 - Air bag e os gases</td>

<td>

<br />  
1978 - O ABS e atrito</td>

<td>

<br />  
1990 - O GPS e a relatividade</td>

</tr>  
</table>  
<br />

<!\*\*\*\*\* ARGUMENTOS  
\*\*\*\*\*>

<! 1672 - A ebulição como motor>

<div class="linha1" id="1672" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Um Brinquedo Revolucionário</i></b></font>  


<br />  
<br />

No ano de 1672, o missionário Ferdinand Verbiest fez o que podemos chamar de o primeiro automóvel. Ele construiu, durante sua estadia na china, um brinquedo 65 cm de comprimento auto propelido, para o filho do imperador chinês, usando como base os conceitos apresentados pela eolípila de Heron, com algumas melhorias. Verbiest desenvolveu o aparato como forma de mostrar ao imperador os avanços da tecnologia ocidental.

<br />  
<br />  
<br />  
<br />

<input onclick="fechar('1672)" type="button" value="Fecha" />  
<input onclick="fechar('1672');mostraInfo('1672\_eolipia)" type="button" value="Conceito Físico" />  
</div>

<! 1746 - Veículo à vapor>

<div class="linha1" id="1746" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Carroça a Vapor de Cugnot</i></b></font>  
  
<br />  
<br />

Nicolas-Joseph Cugnot foi um engenheiro militar que em 1746 construiu uma máquina a vapor destinada ao transporte de pesados canhões para o exército francês. No ano seguinte construiu uma versão melhorada. Este veículo tinha capacidade para carregar até 4 toneladas à velocidade de 4 km por hora, tinha dois pares de rodas atrás e um na frente que suportavam a caldeira e era dirigido por um leme. Em 1771 o seu veículo bateu contra uma parede de tijolos, ficando conhecido como o primeiro acidente de automóvel do mundo. Este acidente pos fim às experiências do exército francês com veículos mecanizados.

<br />  
<br />  
O princípio de funcionamento da propulsão desenvolvida por Cugnot era bastante semelhante ao sistema patenteado em 1770 por James Watt e posteriormente usado nas primeiras locomotivas: Existiam dois cilindros localizados em cada lado da roda motriz, os quais eram alimentados de forma alternada pelo vapor sob pressão proveniente da caldeira. O sistema possuía um arranjo mecânico que interligava os dois cilindros, fazendo com que o avanço de um dos êmbolos forçasse o retorno do outro.

<br />  
<br />  
<br />  
<br />  
<input onclick="fechar('1746')" type="button" value="Fecha" />  
<input onclick="fechar('1746');mostraInfo('1746\_watt')" type="button" value="Conceito Físico" />  
</div>

<! 1805 - Automóvel anfíbio>

<div class="linha1" id="1805" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Balsa à Vapor de Evans</i></b></font>  
<br />  
  
<br />

Em 1804 Oliver Evans produziu um equipamento a vapor anfíbio chamado Orukter Amphibilos, ou "escavadora anfíbia", que foi construído por solicitação do Conselho de Saúde da Filadélfia. O veículo era uma draga de 17 toneladas, propulsionado por vapor a alta pressão, projetado para aprofundar a área de doca do rio Delaware. Ele possuía dois pares de rodas que eram usados para o deslocamento em terra, utilizando para isso a propulsão de um motor à vapor. <br /><br />  
<input onclick="fechar('1805')" type="button" value="Fecha" />  
<input onclick="fechar('1805');mostraInfo('1805\_empuxo')" type="button" value="Conceito Físico" />  
</div>

<! 1807 - Combustível hidrogênio>

<div class="linha1" id="1807" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Combustão interna com Hidrogênio</i></b></font>  
<br />  
  
<br />

Francois Isaac de Rivaz projetou em 1807 o primeiro motor de combustão interna, que serviu para impulsionar um automóvel por ele projetado. O motor era alimentado por hidrogênio e oxigênio. Este primeiro carro, protótipo experimental, armazenava o gás hidrogênio comprimido em um balão e acendia o gás com a ignição proporcionada por uma célula de Volta. Rivaz testou seu veículo na área ao redor do Lago de Genebra, em Vevey, na Suíça. <br /><br />  
<input onclick="fechar('1807')" type="button" value="Fecha" />  
<input onclick="fechar('1807');mostraInfo('1672\_eolipia')" type="button" value="Conceito Físico" />  
</div>

<! 1860 - Motor de dois tempos>

```
<div class="linha2" id="1860" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Motor de dois tempos à gás</i></b></font>
<br />
<br />
Jean Joseph Etienne Lenoir da Bélgica construiu este veículo experimental em 1862. Ele alcançou uma velocidade de 3
km/h com um dos primeiros motores de combustão interna que funcionava com gás de carvão. Esta gás era constituído por
cerca de 51% de hidrogénio, 15% de monóxido de carbono, 21% de metano, 10% de dióxido de carbono e azoto. O veículo
usava um motor 2 tempos. Mais tarde, cerca de 400 a 500 dos motores Lenoir foram construídos e vendidos.<br /><br />
<input onclick="fechar('1860')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1860');mostraInfo('1860_2tempos')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1886 - O automóvel à gasolina>

```
<div class="linha2" id="1886" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Motorwagen de Benz</i></b></font>
<br />

<br />
Planejado pelo alemão Karl Benz e construído em 1886, é amplamente reconhecido como o primeiro automóvel, ou seja,
veículo projetado para ser movido a motor.
<br />
<br />
O primeiro Motorwagen usou um motor de quatro tempos, ou motor de ciclo Otto, desenvolvido pelo também alemão
Nikolaus August Otto em 1876. Seu motor consistia de um único cilindro com volume de 954 cc e usava gasolina como
combustível.
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1886')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1886');mostraInfo('1886_otto')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1888 - O automóvel elétrico>

```
<div class="linha2" id="1888" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Carro elétrico - Novidade antiga</i></b></font>
<br />

<br />
O primeiro carro elétrico que se tem registro foi o Flockens Elektrowagen, de 1888. Ele foi desenvolvido e construído pela
Maschinen fabrik, de Andreas Flockens em Coburg, Alemanha. Este veículo era basicamente uma carruagem onde a
propulsão era fornecida por um motor elétrico, sendo a potência transmitida por tiras de couro para o eixo traseiro a fim de
transmitir o movimento. Pouco se sabe sobre o trabalho de desenvolvimento do Flockens.
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1888')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1888');mostraInfo('1888_eletrico')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1891 - Pneu automotivo>

```
<div class="linha2" id="1891" style="color: black;">
```

<font color="blue" size="5pt"><b><i>Pneu automotivo</i></b></font>  
  
<br />  
<br />

A primeira patente de um sistema pneumático para rodas foi solicitada pelo escocês Robert Willian Thomson em 1847. Seu pneu consistia de uma correia oca de borracha da Índia insuflada com ar, de modo que as rodas apresentavam uma "almofada de ar". Este cinto elástico da lona com borracha era fechado dentro de um forte invólucro exterior de couro, esta aparafusado ao aro". Um conjunto correu mais de 1200 milhas sem sinal de deterioração.

<br />  
<br />  


Em 1888 John Boyd Dunlop, também escocês mas que vivia na Irlanda, descobriu uma maneira de evitar as quedas de seus filhos na bicicleta: costurou uma válvula a um tubo de borracha e encheu esse tubo com ar, cobrindo com um pedaço de lona. Assim surgiu o primeiro pneu para bicicletas.

<br />  
<br />  
Na França, os irmãos Édouard e André Michelin foram os primeiros a patentear o pneu removível para automóveis, em 1891 Michelin. Numa corrida entre Paris e Bordeaux, em 1895, os irmãos Michelin inscreveram um carro com pneu inflável, que ganhou a corrida com certa folga. O problema eram os constantes furos nos pneus.

<br />  
<br />  
<input onclick="fechar('1891')" type="button" value="Fecha" />  
<input onclick="fechar('1891');mostraInfo('1891\_pneu')" type="button" value="Conceito Físico" />  
</div>

<! 1901 - Freios à disco>

<div class="linha3" id="1901" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Mais segurança nas frenagens</i></b></font>  
<br />  
  
<br />

o grande salto na tecnologia de freios foi dado no início de 1900, quando então em 1902 o inventor inglês Frederick Lanchester (também conhecido como "O Leonardo" da era da máquina) inventou o Freio a Disco. Segundo pesquisas efetuadas em sites especializados, os freios a disco já eram utilizados na Inglaterra no início de 1890, porém foi Frederick Lanchester que patenteou o projeto desse freio e o aplicou em seu primeiro veículo.

<br />  
<br />  
<br />  
<br />  
<br />  
<br />  
<input onclick="fechar('1901')" type="button" value="Fecha" />  
<input onclick="fechar('1901');mostraInfo('1901\_disco')" type="button" value="Conceito Físico" />  
</div>

<! O farol elétrico>

<div class="linha3" id="1912" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Faróis elétricos</i></b></font>  
<br />  
<br />

Os primeiros faróis automotivos elétricos apareceram em 1912, utilizando lâmpadas elétricas com atmosfera interna de gás argônio-nitrogênio, com refletor de vidro espelhado, para somente em 1921 surgir o farol alto e baixo com inclinação controlada por acionamento mecânico.

Para solucionar o problema de acúmulo de poeira e umidade foi criado, em 1924, o farol simétrico incorporando lente. O espelhamento do refletor, feito a banho de prata ou ouro, ficava totalmente isolado do ar atmosférico. Na década de 30, é fabricado o farol com lâmpada elétrica de dois filamentos e com defletor.

```
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1912')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1912');mostraInfo('1912_farol')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1923 - Caminhão à diesel>

```
<div class="linha3" id="1923" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Caminhão à diesel</i></b></font>

<br />
<br />
```

Em 1923, surge o Benz 5K3, o primeiro caminhão diesel do mundo, com motor de 50 cv a 1.000 rpm e capacidade de carga útil de 5,5 toneladas. A partir daí, o motor diesel firmou-se como o mais adequado para veículos comerciais, por suas características de alto rendimento termodinâmico e robustez.

```
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1923')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1923');mostraInfo('1923_diesel')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1940 - Transmissão automática>

```
<div class="linha3" id="1940" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Adeus embreagem</i></b></font>
<br />
<br />

1940 foi o primeiro ano para a transmissão automática. Um dos primeiros carros com uma transmissão automática foi Oldsmobile que introduziu o revolucionário sistema Hydra-Matic, a primeira transmissão totalmente automática que definiu o padrão da indústria para todas as futuras transmissões automáticas. O sistema Hydra-Matic, com modificações, foi usado até 1964 em vários modelos de automóveis. O elemento principal da transmissão automática é o conversor de torque. É ele que permite que ocorram mudanças de relações (marchas) sem a necessidade de embreagem.
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1940')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1940');mostraInfo('1940_automatica')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1957 - Injeção eletrônica>

```
<div class="linha4" id="1957" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Injeção eletrônica</i></b></font>
<br />
<br />

o grande salto na tecnologia de freios foi dado no início de 1900, quando então em a 1902 o inventor inglês Frederick Lanchester (também conhecido como "O Leonardo" da era da máquina) inventou o Freio a Disco. Segundo pesquisas efetuadas em sites especializados, os freios a disco já eram utilizados na Inglaterra no início de 1890, porém foi Frederick Lanchester que patenteou o projeto desse freio e o aplicou em seu primeiro veículo.
<br />
<br />
<br />
```

```
<br />
<input onclick="fechar('1957')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1957');mostraInfo('1957_injecao')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<! 1974 - Air bag e os gases>

```
<div class="linha4" id="1974" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Air bag e segurança</i></b></font>
```

```
<br />
```

```
<br />
```

```

```

Este dispositivo é constituído de pastilhas contendo azida de sódio e outros aditivos, que são acionados por uma corrente elétrica pelo computador de bordo, dentro de um balão de ar muito resistente, que constitui o próprio corpo do Airbag; este, por sua vez, se enche rapidamente, amortecendo assim o impacto em sua superfície e evitando que motorista e passageiros sofram danos físicos, principalmente no rosto, peito e coluna. Para evitar asfixia, o Airbag vai perdendo gradativamente a sua pressão, após o acionamento.

```
<br />
```

Quimicamente, a azida de sódio se decompõe rapidamente, quando aquecida a trezentos graus centesimais, produzindo nitrogênio gasoso e sódio metálico. Como a presença de sódio metálico é totalmente indesejável, adiciona-se nitrato de potássio e sílica, para produzir um silicato alcalino vítreo, totalmente inerte. A rápida produção de nitrogênio é a responsável pelo imediato enchimento do balão. Vale lembrar que o nitrogênio é um gás bastante inerte, responsável por cerca de oitenta por cento da composição do ar atmosférico..

```
<br />
```

```
<br />
```

```
<input onclick="fechar('1974')" type="button" value="Fecha" />
```

```
<input onclick="fechar('1974');mostraInfo('1974_airbag')" type="button" value="Conceito Físico" />
```

```
</div>
```

<! 1978 - ABS e o atrito>

```
<div class="linha4" id="1978" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>ABS</i></b></font>
```

```
<br />
```

```
<br />
```

Gabriel Voisin inventou os primeiros freios antibloqueio em 1929 para resolver os problemas que os aviões tiveram com frenagem, já que é quase impossível limitar o freio de um avião.

```
<br />
```

```
<br />
```

Levou cerca de uma década após o desenvolvimento dos primeiros freios ABS para carros, na década de 60, até que os primeiros freios confiáveis desse tipo fossem inventados.

```
<br />
```

```
<br />
```

Os britânicos Jensen FF e Ford Zodiac foram os primeiros veículos comerciais com freios ABS, mas eram caros e não confiáveis. O Chrysler Imperial, de 1971, teve o primeiro sistema confiável com o "Sure Brake" (freio seguro), da Bendix Corporation's.

```
<br />
```

```
<br />
```

A General Motors adicionou seu sistema anti-bloqueio "Trackmaster" em 1971, como uma opção nos Cadillacs de tração traseira. A Robert Bosch e o primeiro freio ABS para rodas Teldix foram lançados em 1978, no Mercedes-Benz S-Class.

```
<br />
```

```
<br />
```

Os primeiros freios ABS eletrônicos/hidráulicos para motocicletas estrearam em 1988, com a BMW K100. Após 10 anos, a Honda e a Suzuki lançaram motocicletas com freios antibloqueio.

```
<br />
```

```
<br />
```

```
<input onclick="fechar('1978')" type="button" value="Fecha" />
```

```
<input onclick="fechar('1978');mostraInfo('1978_abs')" type="button" value="Conceito Físico" />
```

</div>

<! 1990 - GPS e a relatividade>

```
<div class="linha4" id="1990" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Geoposicionamento global</i></b></font>
<br />

<br />
O primeiro automóvel a ter um sistema de navegação por GPS propriamente dito foi japonês: era o Mazda Eunon Cosmo de
quarta geração, a chamada série JC, fabricada de 1990 a 1996. O sistema era incorporado ao console central, semelhante ao
formato adotado atualmente.
<br />
<input onclick="fechar('1990')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1990');mostraInfo('1990_gps')" type="button" value="Conceito Físico" />
</div>
```

<!\*\*\*\*\* EXPLICAÇÃO FÍSICA  
\*\*\*\*\*>

<! 1672 - A ebulição como motor>

```
<div class="linha1" id="1672_eolipia" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Mudança de Fases e Movimento</i></b></font>
<br />
<br />
<br />

O sistema motor do automóvel de Verbiest era similar a uma turbina à vapor, uma máquina térmica que aproveita a energia
cinética do vapor. A água tem sua energia interna aumentada por uma fonte de calor, até que alcance o ponto de mudança
de estado, passando do líquido para o gasoso (vapor). Nessa situação ocorre um repentino aumento de volume molar,
ocasionando um aumento da pressão no interior do recipiente em questão. Existindo uma pequena abertura neste recipiente,
o vapor será impelido a sair com velocidade, podendo assim transferir parte de sua energia cinética à algum anteparo que
por ventura venha a ser colocado em seu caminho, uma turbina por exemplo.
<br />
Podemos identificar que a mudança de fase, da água líquida em vapor, é o elemento determinante no processo. É
interessante lembrar que as fases de qualquer fluido estão associadas não só com a temperatura, mas também com a pressão
e o calor específico do fluido. Podemos identificar isto na tabela de mudança de fases da água, ao lado.
<br />
<br />
<embed align="left" height="300" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
src="https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/animacoes/heron.swf" type="application/x-shockwave-flash"
width="450"></embed>
Na animação ao lado pode-se ver a "máquina de Heron", também conhecida como eolípila, desenvolvida por Heron de
Alexandria no século 1 d.c. sendo a primeira máquina térmica documentada. Analisando seu funcionamento, podemos
imaginar que Verbiest inspirou-se na eolípila para desenvolver seu brinquedo automotor.
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
```

```

<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1672_eolipia')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia');mostraInfo('1672_eolipia_simu')" type="button" value="Simulação" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia');mostraInfo('1672_eolipia_anima')" type="button" value="animação" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia');mostraInfo('1672_eolipia_video')" type="button" value="vídeo" />

<div class="linha3" id="1672_eolipia_simu" style="color: black;">
<a href="https://phet.colorado.edu/sims/states-of-matter/states-of-matter_pt_BR.jnlp" style="text-decoration: none;"><div style="background-color: white; filter: alpha(opacity = 60); height: 80px; left:
50px; opacity: 0.6; position: absolute; top: 58px; width: 200px;">
</div>
<table style="height: 80px; left: 50px; position: absolute; top: 58px; width: 200px;">
<tr><td style="color: black; font-family: Arial,sans-serif; font-size: 24px; text-align: center;">Clique para Rodar</td></tr>
</table>
</a>
<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1672_eolipia_simu')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha3" id="1672_eolipia_anima" style="color: black;">
<div style="color: black;">
<embed align="center" height="440" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
src="https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/animaciones/motor_4_tiempos_diesel.swf" type="application/x-
shockwave-flash" width="652"></embed>
</div>
<input onclick="fechar('1672_eolipia_anima');window.open('http://2.bp.blogspot.com/-
novORbzhCeo/T1aQdAbkV1I/AAAAAAAAACE/C14CqMC4dus/s1600/emconstrucao.gif', 'popup')" type="button"
value="link externo" />
<input onclick="fechar('1672_eolipia_anima')" type="button" value="Fecha" />
</div>

</div>

<! 1746 - Veículo à vapor>

<div class="linha1" id="1746_watt" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Máquina de Watt</i></b></font>
<br />
<br />
Em uma máquina a vapor, a caldeira ferve continuamente água numa câmara fechada, criando vapor a alta pressão. Usando
estes conceitos James Watt desenvolveu sua máquina, que convertia energia térmica em energia cinética utilizando-se dos
seguintes ciclos:
<br />
<br />

<i>Primeiro ciclo</i>
<br />
<br />
O vapor da caldeira é direcionado para a extremidade dianteira do cilindro por uma válvula de correção e entra na câmara
de vapor inicialmente de forma isovolumétrica (ou isocórica). O vapor de alta pressão comprime o êmbolo forçando-o a
movimentar-se para trás, inicialmente de forma isobárica e posteriormente de forma isotérmica.
<br />
<br />

```

```
<i>Escape</i>
<br />
<br />
```

No final do curso de êmbolo, a válvula é deslocada e permite ao vapor sob pressão sair através da abertura de escape. Com a abertura de escape liberada o vapor pode sair de forma isobárica.

```
<br />
<br />
<i>Segundo ciclo</i>
<br />
<br />
```

Ao mesmo tempo, a válvula deslizante começa a admissão de vapor de alta pressão para a extremidade traseira do cilindro repetindo o mesmo processo do primeiro ciclo, só que agora no sentido contrário, empurrando assim o pistão para a frente.

```
<br />
<br />
<i>Escape</i>
<br />
<br />
```

O escape acontece de forma semelhante ao escape do primeiro ciclo.

```
<br />
<br />
<br />
<align center=""><embed height="500" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
src="https://static.howstuffworks.com/flash/steam-animation.swf" type="application/x-shockwave-flash"
width="600"></embed>
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1746_watt')" type="button" value="Fecha" />
<input
onclick="fechar('1746_watt');window.open('http://www.makingthemodernworld.org.uk/stories/the_age_of_the_engineer/0
3.ST.02/03.SC.RM.10/03.SC.RM.10.swf','popup')" type="button" value="máquina de Watt" />
<input onclick="fechar('1746_watt');mostraInfo('1746_watt_video')" type="button" value="vídeo" />
</align></div>
<div class="linha2" id="1746_watt_video" style="color: black;">
<iframe allowfullscreen="" frameborder="0" height="480" src="https://www.youtube.com/embed/L4A5ZNjisRM"
width="854"></iframe><br />
<input onclick="fechar('1746_watt_video')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

<! 1805 - Automóvel anfíbio>

```
<div class="linha1" id="1805_empuxo" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Empuxo</i></b></font>
<br />
<br />
```

O princípio físico que assegurava ao engenho de Evans não afundar quando na água é chamado de empuxo. Conforme o empuxo, quando um sistema expõe ou acelera massa em uma direção, a massa acelerada vai causar uma força de igual magnitude mas em sentido oposto. Em um barco

```
<iframe allowfullscreen="" height="600" scrolling="no" src="https://phet.colorado.edu/sims/density-and-
buoyancy/buoyancy_pt_BR.html" width="800"></iframe>
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1805_empuxo')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

<! 1860 - Motor de dois tempos>

```
<div class="linha2" id="1860_2tempos" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Motor de dois tempos</i></b></font>
<br />
<br />
```

<embed align="right" height="400" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer" src="https://static.howstuffworks.com/flash/two-stroke.swf" type="application/x-shockwave-flash" width="400"></embed>

O motor de dois tempos emprega tanto o cárter e o cilindro para alcançar todos os elementos do ciclo Otto, em apenas dois cursos do pistão.

<br />  
<br />  
<br />  
<i>Admissão</i>

<br />  
<br />  
A mistura combustível/ar é aspirada primeiro para o cárter de forma isobárica pelo vácuo que é criado durante o curso ascendente do êmbolo.

<br />  
<br />  
<i>Compressão do cárter</i>

<br />  
<br />  
Durante o curso descendente, a válvula de admissão é fechada pelo aumento da pressão do cárter. A mistura de combustível é então comprimido no cárter durante o resto do curso de forma adiabática.

<br />  
<br />  
<i>Transferência/escape</i>

<br />  
<br />  
Perto do fim do curso, o pistão apresenta o orifício de entrada, permitindo que a mistura de combustível/ar comprimido no cárter escapar ao redor do êmbolo para dentro do cilindro principal. Isto expela os gases de escape para a abertura de escape, geralmente localizada no lado oposto do cilindro. Infelizmente, um pouco da mistura de combustível admitido é expelida também.

<br />  
<br />  
<i>Compressão</i>

<br />  
<br />  
O pistão sobe, então, impulsionada pelo movimento do volante, e comprime-se a mistura de combustível. (Ao mesmo tempo, outro curso de admissão está a acontecer por baixo do êmbolo.)

<br />  
<br />  
<i>Ignição</i>

<br />  
<br />  
Na parte superior do curso do êmbolo, a vela de ignição inflama a mistura combustível. A queima de combustível se expande, conduzindo o êmbolo para baixo, para completar o ciclo. (Ao mesmo tempo, outro curso de compressão do cárter está a acontecer por baixo do êmbolo.)

<br />  
<br />  
Como o motor de dois tempos tem uma ignição a cada volta do virabrequim, temos que um motor de dois tempos é geralmente mais potente que um motor de quatro tempos de tamanho equivalente. Isso, juntamente com a sua construção mais leve e maior simplicidade, faz com que o ele seja popular em motosserras, aparadores de grama, motores de popa, snowmobiles, jet-skis, motos leves e aeromodelismo. Infelizmente, a maioria dos motores a dois tempos são ineficientes e terrivelmente poluidores, devido à quantidade de combustível não consumido que escapa pelo escape.

<br />  
<br />  
<input onclick="fechar('1860\_2tempos');window.open('http://www.animatedengines.com/twostroke.html', 'popup')" type="button" value="link externo" />  
<input onclick="fechar('1860\_2tempos');" type="button" value="Fechar" />  
<input onclick="fechar('1860\_2tempos');window.open('https://www.youtube.com/watch?v=P-WYdrRKQvs', 'popup')" type="button" value="vídeo" />  
</div>

<! 1886 - O automóvel à gasolina>

<div class="linha2" id="1886\_otto" style="color: black;">  
<font color="blue" size="5pt"><b><i>O Ciclo Otto</i></b></font>

<br />  
<br />

O Ciclo de Otto é um ciclo termodinâmico, que idealiza o funcionamento de motores de combustão interna de ignição por centelha. ciclo ideal se constitui dos seguintes processos:

<br />  
<br />

<br />  
<br />



<i>Admissão</i>

<br />  
<br />

A válvula de admissão permanece aberta e o pistão se move para baixo, trazendo para dentro do cilindro uma mistura de ar/combustível vaporizado. O fluido é admitido no interior do cilindro com pressão igual a do ambiente externo, ou seja, de forma isobárica.

<br />  
<br />

<i>Compressão</i>

<br />  
<br />

O pistão sobe e todas as válvulas permanecem fechadas, forçando um aumento da pressão no interior do cilindro e comprimindo a mistura de combustível/ar.

Este processo ocorre de forma adiabática (sem perda de temperatura ao ambiente). Podemos constatar o aumento de temperatura no interior do cilindro conforme a relação:

<br />

<ul><ul><ul><ul>

<b><i>P.V=NRT</i></b>

<br />  
</ul>

</ul>  
</ul>

</ul>  
</ul>

<i>Combustão/expansão</i>

<br />  
<br />

Durante a combustão o combustível comprimido é inflamado, causando uma repentina expansão no volume dos gases no interior do cilindro e empurrando o pistão para baixo. O início da queima se dá por uma faísca da vela de ignição e ocorre quando o cilindro atinge seu ponto máximo. Acontece de forma isocórica.

<br />  
<br />

<br />  
<br />



<br />  
<i>Exaustão</i>

<br />  
<br />

Ocorre de forma isobárica. Na parte inferior do curso de potência, a válvula de descarga é aberta e o movimento ascendente do êmbolo conduz o combustível queimado para fora do cilindro.

<br />  
<br />

<br />  
</ul>

<br />  
<br />

<br />

```

<br />
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1886_otto')" type="button" value="Fecha" />
<input onclick="fechar('1886_otto');mostraInfo('1886_4t_simu')" type="button" value="Simulação" />
<input onclick="fechar('1886_otto');window.open('http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/arq_swf/motor-4-tempos-ciclo-otto-fagulha-berco.swf, 'popup')" type="button" value="diagrama PxV dinâmico" />
<input onclick="fechar('1886_otto');mostraInfo('1886_otto_video')" type="button" value="vídeo" />
</div>
</body></html>
<br />
<div class="linha2" id="1886_4t_simu" style="color: black;">
<embed height="391" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
src="https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/animacoes/motorfinal_lang.swf" type="application/x-shockwave-flash"
width="652"></embed>

```

```

<br />
<b>a-b</b> <i> Admissão isobárica</i>
<br />
<b>b-c</b> <i> Compressão isotérmica</i>
<br />
<b>c-d</b> <i> Combustão adiabática</i>
<br />
<b>d-e</b> <i> Expansão isotérmica</i>
<br />
<b>e-f</b> <i> exaustão isobárica</i>
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1886_4t_simu')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha2" id="1886_otto_video" style="color: black;">
<iframe allowfullscreen="" frameborder="0" height="480" src="https://www.youtube.com/embed/Knpk9Hmn4kQ"
width="854"></iframe>

```

```

<input onclick="fechar('1886_otto_video')" type="button" value="Fecha" />
</div>

```

<! 1888 - O automóvel elétrico>

```

<br />
<div class="linha3" id="1888_eletrico" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Potência elétrica</i></b></font>
<br />
<br />

```

O carro de Flockens usava um motor elétrico para fazer a conversão de energia elétrica em energia mecânica, neste caso energia cinética, usando como fonte de potência uma bateria elétrica. Como sabemos a potência elétrica é determinada pela equação:

```

<br />
<br />
<div align="center">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>P=V.I</i></b></font></div>

```

Onde:

```
<br />
```

```
<ul>
```

P: potência elétrica;

```
<br />
```

V: tensão elétrica

```
<br />
```

I: corrente elétrica;

```
<br />
```

```
</ul>
```

```
<ul>
<ul>
<ul>
<br />
<br />
<br />
```

Se considerarmos que a unidade de energia, expressa em Joules representa basicamente a relação

```
<br />
<br />
<div style="height: 197px; position: relative; width: 300px;">
<a href="https://phet.colorado.edu/sims/circuit-construction-kit/circuit-construction-kit-ac_en.jnlp" style="text-decoration: none;"></a>
<br />
<div style="background-color: white; filter: alpha(opacity = 60); height: 80px; left: 50px; opacity: 0.6; position: absolute; top: 58px; width: 200px;">
</div>
<table style="height: 80px; left: 50px; position: absolute; top: 58px; width: 200px;"><tbody>
<tr><td style="color: black; font-family: &quot;arial&quot; , sans-serif; font-size: 24px; text-align: center;">Click to Run</td></tr>
</tbody></table>
</div>
<br />
<input onclick="fechar('1888_eletrico')" type="button" value="Fecha" />
</ul>
</ul>
</ul>
</div>
```

```
<div class="linha2" id="1891_pneu" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Pressão, força e área</i></b></font>
<br />
<br />
```

Uma das maiores funções dos pneus em automóveis, senão a maior, é a de absorção de impactos e amortecimento. Para fazer isso o pneu faz uso de sua maleabilidade e elasticidade, variando seu volume interno, pressão e sua área de contato com o solo conforme as imperfeições de cada terreno.<br />

Considerando que pressão é igual a força dividida pela área:

```
<br />
<br />
P = F/A
<br />
<br />
```

No caso de um automóvel a força F seria a força peso, a Pressão P é a pressão interna do pneu e a área A é a área de contato entre o pneu e o chão. Se F é constante e reduzirmos a área, precisamos compensar, aumentando a pressão. Por isso a pressão é maior nos pneus de bicicleta, pois eles têm área menor.

```
<br />
Isso também explica a deformação em pneus com baixa pressão, pois o mesmo tende a aumentar a área para compensar a menor pressão interna do pneu.
```

```
<input onclick="fechar('1891_pneu')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

```
<! 1901 - Freio à disco>
```

```
<div class="linha3" id="1901_disco" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><i>Freio à disco</i></b></font>
<br />
<br />
```

Em um freio a disco, as pastilhas de freio comprimem o disco, em vez da roda, e a força é transmitida hidráulicamente em vez de através de um cabo. O atrito entre as pastilhas e o disco reduzem a velocidade deste último.

```
<br />
```

Um carro em movimento tem uma certa quantidade de energia cinética e os freios têm que remover esta energia do carro para que possam fazê-lo parar. Como é que os freios fazem isso? Cada vez que você freia o carro, os freios convertem a energia cinética em calor, gerado pelo atrito entre as pastilhas e o disco. Por isso, na maioria dos freios a disco dos carros, os discos são ventilados. Os freios a disco ventilados têm um conjunto de palhetas, entre os dois lados do disco, que bombeiam o ar pelo interior do disco para prover o resfriamento.

```
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1901_disco')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

```
<div class="linha3" id="1912_farol" style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><i>Efeito Joule</b></i></font>
<br />
<br />
```

Na grande maioria, os faróis modernos utilizam como fonte luminosa uma lâmpada de filamento incandescente. Para que tal filamento eleve sua temperatura ao nível de tornar-se incandescente e assim emitir luz visível aplica-se um conceito que na física é conhecido pelo nome de <b> Efeito Joule</b>. sabemos que corrente elétrica é resultado de movimentação de elétrons livres. Desta forma, ao existir corrente elétrica os elétrons que estão em movimento acabam colidindo entre si, causando uma excitação que por sua vez irá gerar um efeito de aquecimento. A este efeito dá-se o nome efeito Joule. O aquecimento no fio pode ser medido pela lei de joule, que é matematicamente expressa por:

```
<br />
<br />
<div align="center">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Q=I<sup>2</sup></sup>.R.t</i></b></font></div>
```

Onde:

```
<br />
<ul>
I: corrente elétrica;<br />
R: resistência do condutor;<br />
t: tempo que a corrente continua percorrendo o condutor.<br />
```

```
</ul>
<ul><ul><ul><br /><br /><br />
```

```
<div align="center">
<a href="http://phet.colorado.edu/sims/battery-resistor-circuit/battery-resistor-circuit_en.jnlp" style="text-decoration: none;"></a><br />
<div style="align: center; background-color: white; bottom: 58px; filter: alpha(opacity = 60); height: 80px; left: 50px; opacity: 0.6; width: 200px;">
```

```
</div>
<a href="http://phet.colorado.edu/sims/battery-resistor-circuit/battery-resistor-circuit_en.jnlp" style="text-decoration: none;">
```

```
<table style="align: center; bottom: 58px; height: 80px; left: 50px; width: 200px;">
```

```
<tbody>
<tr><td style="color: black; font-family: Arial,sans-serif; font-size: 24px; text-align: center;">Click to Run</td></tr>
</tbody></table>
</a></div>
```

```
<br />
</ul>
</ul>
</ul>
<input onclick="fechar('1912_farol')" type="button" value="Fecha" />
```

```
http://estadodeminas.vrum.com.br/app/noticia/noticias/2009/05/23/interna_noticias,30369/farois-faca-se-a-luz.shtml
</div>
<br />
```

<! 1923 - Caminhão à diesel>

```
<br />
<div class="linha3" id="1923_diesel" style="color: black;">
```

```
<div style="color: black;">
<font color="blue" size="5pt"><b><i>Ciclo diesel</i></b></font></div>
<embed align="right" height="402" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
src="https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/animacoes/diesel.swf" type="application/x-shockwave-flash"
width="391"></embed>
```

<br />

O motor diesel foi patenteado pela primeira vez em 1892 por Rudolf Diesel.

<br />

Basicamente seu funcionamento é semelhante à de quatro tempos, mas utiliza um método diferente para inflamar o combustível.

<br />

<br />

<i>Admissão</i>

<br />

<br />

A válvula de admissão é aberta, e o ar (sem combustível), é puxado para dentro do cilindro de forma isobárica.

<br />

<br />

<i>Compressão</i>

<br />

<br />

À medida que o pistão sobe, o ar é comprimido de forma adiabática, fazendo com que a sua temperatura suba. No final do curso de compressão, o ar está quente suficiente para inflamar o combustível.

<br />

<br />

<i>Injeção/ignição</i>

<br />

<br />

Perto do topo do curso de compressão o injetor lança o combustível para dentro do cilindro. O combustível imediatamente queima em contato com o ar comprimido quente, causando a expansão dos gases dentro do cilindro de forma isotérmica e impulsionando o pistão para baixo.

<br />

<br />

<i>Escape</i>

<br />

<br />

A válvula de escape é aberta e os gases resultantes da queima liberados isobáricamente.

<br />

<br />

Com o desenvolvimento prático de seu motor, em 1897, Diesel pode mostrar a eficiência real de seu motor, sendo na data o mais eficiente já construído. os motores diesel ainda estão entre os mais eficientes disponíveis. Eles são amplamente utilizados em grandes caminhões, barcos, máquinas de terraplanagem, etc.

<br />

<br />

<input onclick="fechar('1923\_diesel')" type="button" value="Fecha" />

<input onclick="fechar('1923\_diesel');mostraInfo('1923\_diesel\_simu')" type="button" value="Simulação" />

<input onclick="fechar('1923\_diesel');window.open('http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/arq\_swf/motor-comparacao-ciclo-diesel-otto-berco.swf, 'popup)" type="button" value="diesel x otto" />

<input onclick="fechar('1923\_diesel');mostraInfo('1923\_diesel\_video')" type="button" value="vídeo" />

</div>

<br />

<div class="linha3" id="1923\_diesel\_simu" style="color: black;">

<div style="color: black;">

<embed align="center" height="440" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"

src="https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/animaciones/motor\_4\_tiempos\_diesel.swf" type="application/x-shockwave-flash" width="652"></embed>

</div>

```
<input
onclick="fechar('1923_diesel_simu');window.open('http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/arq_swf/motor-
4-tempos-ciclo-diesel-injecao-berco.swf, 'popup')" type="button" value="link externo" />
<input onclick="fechar('1923_diesel_simu')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha3" id="1923_diesel_simu" style="color: black;">
<embed align="center" height="402" name="obj1" pluginspage="http://www.macromedia.com/go/getflashplayer"
position:relative="" right="200px="" src="https://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/arq_swf/motor-4-tempos-
ciclo-diesel-injecao-berco.swf" type="application/x-shockwave-flash" width="391"></embed>
```

```
<br />
<b>a-b</b> <i> Admissão isobárica</i> <br />
<b>b-c</b> <i> Compressão adiabática</i> <br />
<b>c-d</b> <i> Combustão adiabática</i> <br />
<b>d-e</b> <i> Expansão isotérmica</i> <br />
<b>e-f</b> <i> exaustão isobárica</i> <br />
```

```
<br />
<input onclick="fechar('1923_diesel_simu')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha2" id="1923_diesel_video" style="color: black;">
<iframe allowfullscreen="" frameborder="0" height="480" src="https://www.youtube.com/embed/BsVe4Fgj1uc"
width="854"></iframe>
```

```
<input onclick="fechar('1923_diesel_video')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

<! 1940 - Transmissão automática>

```
<br />
<div class="linha3" id="1940_automatica" style="color: black;">
Um conversor de torque é um tipo de acoplamento hidráulico que permite que o motor gire, algo independentemente do
câmbio. Se o motor gira mais lento, como quando o carro está parado no semáforo, a quantidade de torque que passa pelo
conversor de torque é menor, de modo que para manter o carro parado é preciso apenas uma pequena pressão no pedal do
freio.
Se você pisar no acelerador enquanto o carro estiver parado, terá de pressionar o freio com mais força a fim de evitar que o
carro se mova. Isso acontece porque quando você pisa no acelerador, o motor acelera e bombeia mais fluido para dentro do
conversor de torque, fazendo com que mais torque seja transmitido às rodas. A bomba dentro do conversor de torque é um
tipo de bomba centrífuga. À medida que ela gira, o fluido é arremessado para fora.

```

```
<br />
<br />
<input onclick="fechar('1940_automatica')" type="button" value="Fecha" />
</div>
<div class="linha4" id="1957_injecao" style="color: black;">
<input onclick="fechar('1957_injecao')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

<! 1957 - Injeção eletrônica>

```
<br />
<div class="linha4" id="1886_pressao" style="color: black;">
O sistema motor do automóvel era similar a uma turbina à vapor, uma máquina térmica que aproveita a energia cinética do
vapor. A água tem sua energia interna aumentada por uma fonte de calor, até que alcance o ponto de mudança de estado,
passando do líquido para o gasoso. Nessa situação ocorre um repentino aumento de volume molar, ocasionando um
aumento da pressão no interior do recipiente em questão. Existindo uma pequena abertura neste recipiente, o vapor será
impelido a sair com velocidade, podendo assim transferir parte de sua energia cinética à algum anteparo que por ventura
venha a ser colocado em seu caminho.<br />
<br />
<input onclick="fechar('1886_pressao')" type="button" value="Fecha" />
</div>
```

<! 1974 - Air bag e os gases>

<br />

<div class="linha4" id="1974\_airbag" style="color: black;">



A primeira patente de um dispositivo similar ao airbag é de 1951. Um engenheiro alemão chamado Walter Linderer criou uma bolsa de ar que era inflada por um compressor ativado pelo pára-choque ou pelo motorista, mas testes mostraram que a velocidade de enchimento desses airbags era muito lenta e não garantia a proteção necessária ao motorista.

A ideia do airbag como conhecemos hoje surgiu somente em 1953, quando John W. Hetrick, um engenheiro industrial da marinha usou sua experiência com disparadores de ar comprimido para torpedos para desenvolver um sistema mais rápido e totalmente automático. Ele chegou a trabalhar em parceria com a Ford no fim dos anos 1950, mas a fabricante decidiu investir na imagem de velocidade e desempenho, como fazia a GM.

Dez anos depois foi a vez do japonês Yasuzaburo Kobori patentear um dispositivo de segurança automotivo baseado em bolsas de ar, que era muito parecido com os sistemas de múltiplas bolsas modernos, com proteção nas laterais, no teto e no banco traseiro, mas ainda não havia uma forma de ativá-los com a rapidez e eficiência necessária para realmente oferecer proteção aos ocupantes do carro.

A Chevrolet fabricou 1.000 Caprice e Impala modelo 1973 equipados com airbags experimentais chamados de Air Cushion Restraint System, ou ACRS. Ele consistia de uma bolsa instalada no volante e outra no painel abaixo do porta-luvas. Essas bolsas eram infladas em 40 milissegundos pelo dispositivo explosivo citado acima, e eram suficientemente grandes para proteger a cabeça, o tronco e os joelhos dos três passageiros dianteiros — a bolsa da direita ainda tinha duplo estágio. Esses Chevrolet usavam painel de Oldsmobile, motor V8 de 350 pol<sup>3</sup> de 254 cv e o chassi reforçado dos carros de polícia. Eles foram vendidos para frotas do governo e alguns sofreram acidentes e salvaram os passageiros.

<br />

<br />

<input onclick="fechar('1974\_airbag')" type="button" value="Fecha" />

</div>

<! 1978 - ABS e o atrito>

<div class="linha4" id="1978\_abs" style="color: black;">

<font color="blue" size="5pt"><b><i>ABS e atrito</i></b></font>

<br />

<br />

O princípio físico do ABS é garantir que o automóvel não rompa o atrito estático existente entre o pneu e a pista de rolamento, permitindo que o pneu do veículo não deslize mantendo assim o carro "controlável". Ocorre que quando a frenagem rompe o limite do atrito estático e passa ao atrito cinético o coeficiente de atrito diminui, fazendo com que o carro percorra uma distância maior durante a frenagem.<br />

<div style="height: 197px; position: relative; width: 300px;">

<br />

<a href="https://phet.colorado.edu/sims/forces-1d/forces-1d\_pt\_BR.jnlp" style="text-decoration: none;"></a><br />

<div style="background-color: white; filter: alpha(opacity = 60); height: 80px; left: 50px; opacity: 0.6; position: absolute; top: 58px; width: 200px;">

</div>

<table style="height: 80px; left: 50px; position: absolute; top: 58px; width: 200px;"><tbody>

<tr><td style="color: black; font-family: &quot;arial&quot; , sans-serif; font-size: 24px; text-align: center;">Clique para Iniciar</td></tr>

</tbody></table>

</div>

<br />

<br />

<input onclick="fechar('1978\_abs')" type="button" value="Fecha" />

</div>

<! 1990 - GPS e a relatividade>



## **12 – APÊNDICE**

### **Apêndice 01**

#### **PLANO DE ENSINO**

ESCOLA: Escola de Educação Básica João Frassetto

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: José Afonso Romancini

TEMA/SITUAÇÃO: Termodinâmica e Máquinas Térmicas

SÉRIE/NÍVEL: Segundo Ano do Ensino Médio

NÚMERO DE AULAS E TEMPO DA AULA: 3 aulas (2 horas)

#### **1. JUSTIFICATIVA**

Em um contexto histórico podemos ver a importância da termodinâmica: o seu desenvolvimento foi um dos alicerces da revolução industrial. Com o advento das máquinas térmicas surgiu também todo um novo sistema de produção, que transformou a sociedade por inteiro.

Mudando o foco para o cotidiano contemporâneo podemos identificar os processos termodinâmicos nas mais diversas situações, desde uma panela de pressão usada para o cozimento de alimentos até nas turbinas de jatos supersônicos. A termodinâmica tem papel imprescindível em nossa sociedade, como podemos verificar nos motores de combustão interna, responsáveis por praticamente todo o transporte terrestre e marítimo atual.

#### **2. OBJETIVOS GERAIS**

O aluno deverá ter noção do que são transformações térmicas, suas características e equações. Deverá também ser capaz de analisar ciclos termodinâmicos, bem como calcular o trabalho realizado em ciclos

simples e ainda ser capaz de identificar as transformações térmicas em máquinas térmicas simples.

### 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo principal desta aula será fazer a utilização de recursos midiáticos disponibilizados na página web <http://www.automnpef.blogspot.com>, como apoio ao ensino dos conteúdos de termodinâmica e máquinas térmicas. Ao fim das aulas será apresentado um questionário, sem fim avaliativo, que terá por objetivo avaliar a motivação e as impressões que os alunos obtiveram, resultantes do experimento. Com relação à expectativa de aprendizado, é interessante que o aluno possa ao fim da aula utilizar-se de métodos matemáticos para calcular, em uma transformação isocórica, o valor de qualquer uma das variáveis como pressão inicial, pressão final, temperatura inicial e temperatura final, conhecendo-se o valor das outras três variáveis na equação de estado do gás ideal. O mesmo valendo para as transformações isobárica, isotérmica. Deverá identificar o trabalho realizado em um sistema através da análise da área compreendida internamente em um gráfico  $P \times V$ , ou outro tipo de representação gráfica de seu ciclo térmico.

### 4. CONTEÚDO

- Transformação isobárica;
- Transformação isocórica;
- Transformação isotérmica;
- Transformação adiabática;
- Apresentação de simulações e animações sobre as máquinas térmicas do ciclo Otto, Diesel e a máquina de Watt;
- Gráfico  $P \times V$  de cada um dos ciclos;
- Comentários e explicações dos processos visualizados;

- Primeira lei da termodinâmica;
- Segunda lei termodinâmica;

## 5. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

A aula é iniciada com uma revisão dos conceitos de transformação isobárica, isotérmica, isocórica e adiabática. Após isso é apresentada a máquina à vapor desenvolvida por Nicolas Joseph Cugnot, que ficou definitivamente pronta no ano de 1771, sendo considerada o primeiro automóvel controlável feito. É demonstrada a equivalência do ciclo térmico do sistema de Cugnot com o ciclo térmico da máquina de Watt, aproveitando a oportunidade para identificar transformações isocórica e isotérmica no diagrama  $P \times V$  equivalente, usando como auxiliar para isso a animação de um cilindro de dupla ação, utilizado em locomotivas à vapor (ciclo Watt). É apresentado também um vídeo que explica de forma lúdica o funcionamento da carroça de Cugnot.

A seguir é apresentado o automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, primeiro a ser efetivamente projetado para utilizar um motor. O carro de Benz usava um motor à gasolina de quatro, ciclo Otto. Utilizando-se uma animação interativa são apresentados aos alunos os quatro tempos do ciclo Otto e associados ao respectivo diagrama  $P \times V$ . São identificadas no ciclo as transformações adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica. Com auxílio na transformação isotérmica do ciclo pode-se reforçar o entendimento equação de Clapeyron,  $P.V = n.R.T$ , mostrando que  $n$  (quantidade de gás) e  $R$  (constante dos gases perfeitos) atuam na equação determinando uma curva coerente com uma transformação isotérmica (apesar de que o gás resultante da queima do combustível não pode ser considerado gás ideal). É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor à gasolina.

De forma breve é apresentado o automóvel experimental desenvolvido em 1862 pelo belga Jean Joseph Etienne Lenoir, primeiro a usar um motor de dois tempos (este movido à gás de carvão). O diagrama  $P \times V$  do ciclo desenvolvido por este motor é praticamente idêntico ao do motor de ciclo Otto, diferindo apenas pelo fato que, neste caso, todas as

transformações ocorrem em apenas uma revolução do motor. Assim, a apresentação tem caráter informativo apenas.

Finalizando a aula apresentamos o ciclo Diesel, por meio do caminhão Benz 5k3 de 1923, primeiro automóvel a utilizar um motor deste tipo. A seguir é apresentado o automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, primeiro a ser efetivamente projetado para utilizar um motor.

Utilizando-se uma animação interativa são apresentados aos alunos os quatro tempos do Diesel e as transformações envolvidas, fazendo ainda uma comparação com os processos e as transformações do ciclo Otto usando para isso os respectivos diagramas P×V. São identificadas as transformações adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica, evidenciando-se explicitamente a transformação isobárica existente no momento da explosão e a diferença ao ciclo Otto, onde a explosão ocorre de forma isocórica e num período instantâneo. Pode-se utilizar a peculiar ausência das velas de ignição no motor Diesel para explicar a diferença entre temperatura de combustão e temperatura de ignição, bem como relacionar a elevada relação de compressão do ciclo Diesel com uma maior temperatura alcançada, comparando-se ao ciclo Otto.

É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor Diesel e comparado ao do motor à gasolina.

## 6. RECURSOS

- Quadro;
- Caneta marcadora;
- Laboratório de informática;
- Data show;
- Computador;
- Apresentações em Java, PowerPoint e vídeo;
- Caneta laser.

## 7. AVALIAÇÃO

O rendimento da turma será avaliado através da dinâmica da própria aula, com base nas perguntas e participação dos alunos. Posteriormente será solicitado um trabalho a ser desenvolvido em grupo, com base no conteúdo da aula.



## Apêndice 02



Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC  
Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física - MNPEF  
José Afonso Romancini

### Questionário Avaliativo

01- As aulas na sala de vídeo/ laboratório de informática são mais motivadoras que as aulas na sala tradicional.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

02- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis permite que eu visualize melhor a aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

03- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo dos temas apresentados na disciplina de Física.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

04- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhor visualizasse a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

05- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca da relação existente entre pressão, volume e temperatura.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

06- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

07- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse minha interpretação de gráficos de pressão x volume.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

08- A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo de temas da história da ciência.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

09- Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

10- Caso possua alguma ideia ou opinião que considere pertinente à experiência, descreva-a no quadro abaixo:

## Apêndice 03

Google Forms

Está com problemas para ver ou enviar este formulário?

PREENCHER NO FORMULÁRIOS GOOGLE

Este é um convite para você preencher o formulário:

### Avaliação de Página Web

Questionário avaliativo da página web "A Física na Evolução do Automóvel" desenvolvida como objeto didático para o Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física -MNPEF

**01- As aulas na sala de vídeo/ laboratório de informática motivam mais os alunos que as aulas na sala tradicional.**

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

**02- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis possibilita aos alunos uma melhor visualização e possível aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.**

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

**03- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis possibilita que o aluno tenha maior interesse no estudo dos temas apresentados na disciplina de Física.**

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

**04- As simulações e vídeos existentes na página permitem que o aluno melhor visualizasse a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.**

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

**05- As simulações e vídeos apresentados podem auxiliar para que o aluno melhore seu entendimento acerca da relação existente entre pressão, volume e temperatura.**

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

06- As simulações e vídeos apresentados podem auxiliar para que o aluno melhore seu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

07- As simulações e vídeos apresentados podem auxiliar para que o aluno melhore sua interpretação de gráficos do tipo pressão x volume.

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

08- A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis incentiva nos alunos o interesse no estudo de temas da história da ciência.

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

09- Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.

- concordo totalmente
- concordo parcialmente
- não tenho opinião
- discordo parcialmente
- discordo totalmente

10- Caso possua alguma ideia ou opinião que considere pertinente à experiência, descreva-a no quadro abaixo:

Nunca envie senhas pelo Formulários Google.

Powered by  
 Google Forms

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.  
[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

[Crie seu próprio formulário do Google.](#)

## Apêndice 04



### **SEQUÊNCIA EDUCACIONAL UTILIZANDO OBJETOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO PARA O ENSINO DA TERMODINÂMICA**

Roteiro para professor referente ao produto educacional associado à dissertação de Mestrado de José Afonso Romancini, apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF) como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Santos

Florianópolis  
2017

Prezado(a) Professor(a)

O presente produto apresenta uma sequência educacional utilizando objetos de tecnologia da informação e comunicação, as chamadas TIC, como elemento auxiliar ao ensino do conteúdo termodinâmica e máquinas térmicas, conteúdo este participante da grade curricular da disciplina de Física para turmas do segundo ano do ensino médio. O produto tem origem nos resultados do projeto de mestrado do aluno José Afonso Romancini, desenvolvido para o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Pólo UFSC de Florianópolis.

Este material foi elaborado baseado na aplicação dos conteúdos existentes na página web “A Física na Evolução do automóvel”, página esta desenvolvida pelo aluno e disponível no endereço eletrônico <http://www.automnpef.blogspot.com.br> abordando os princípios físicos aplicados nas diversas tecnologias existentes nas fases da evolução dos automóveis.

A proposta tem intenção de atuar como experimento motivacional, utilizando elementos do cotidiano, de conhecimento comum dos alunos de ensino médio, como suporte ao ensino de conteúdos da disciplina de Física.

## 1- INTRODUÇÃO

Vivemos cercados de tecnologias e não podemos negar que todo o conforto e segurança que a humanidade desfruta na época contemporânea estão firmemente alicerçados sobre os avanços tecnológicos. Na realidade, de um ponto de vista histórico, podemos confirmar que cada passo que a espécie humana dava em direção ao seu desenvolvimento era antes precedido por alguma espécie de técnica inovadora, seja em campos sociais, naturais ou filosóficos.

Entretanto não se pode negar que, apesar de as novas tecnologias serem aplicadas e utilizadas amplamente pela população, poucos são os que dentre estes tem conhecimento mínimo dos princípios naturais que as sustentam. Isto não é fato novo, apresenta-se desde o início da fundição dos metais e chega até a modulação de ondas eletromagnéticas atual, passando inclusive pela criação do automóvel. Tentando desenvolver um trabalho que possibilitasse um auxílio para quebrar este estigma de desconhecimento, visualizamos exatamente a evolução do automóvel como tema adequado à contextualização entre argumento científico e utilização prática.

O automóvel foi uma das principais ferramentas responsáveis pelo desenvolvimento no século XX e continua sendo usado hoje no cotidiano de forma imprescindível. É praticamente impossível imaginar o transporte de pessoas e a logística atual de distribuição de produtos sem a existência do automóvel.

Além disso, o fato de o automóvel não ter permanecido como uma ferramenta estática, no que tange aos seus melhoramentos, também permite que se faça um paralelo entre o conhecimento científico experimentado em cada época e os avanços tecnológicos associados a ele. Verdadeiramente, no automóvel e em seus sistemas podemos encontrar inúmeros argumentos para a contextualização de conteúdos da disciplina de Física, desde a termodinâmica até a relatividade, passando por eletricidade e hidrostática.

O desenvolvimento destes argumentos, associados a utilização de ferramentas de tecnologia da informação e comunicação (as TIC) também contribui para uma assimilação mais natural do conteúdo, pois o trás para uma perspectiva mais lúdica, utilizando um meio familiar aos alunos como forma de abordagem.

## 2- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nas últimas décadas temos vivenciado uma contínua e progressiva revolução no que podemos chamar de estilo de vida das pessoas. Mudanças de ordem científica, cultural, econômica e ambiental promoveram alterações cada vez mais dinâmicas nas rotinas e valores cotidianos.

Dentro deste contexto vemos também a natureza do ato docente ser alterada, onde o professor perde o status do detentor do saber e passa a ser um guia no caminho dos estudos. Da mesma forma, o conteúdo também deixa de ser verdade indiscutível e axiomática e passa a ser questionado e discutido abertamente. A classe torna-se um espaço de socialização cultural, o qual, além do desenvolvimento cognitivo, transmite fortes e duradouras lições afetivas (RYAN & STILLER, 1991).

É necessidade do professor estar preparado para interagir dentro destes novos paradigmas, a fim de que possa transpor as barreiras que se apresentam dentro desta nova realidade, mantendo a validade do ato docente, a coerência e a representatividade dos conhecimentos transmitidos.

Um dos grandes obstáculos observados no aprendizado dos conteúdos por parte dos alunos reside exatamente na dificuldade da visualização, por parte destes, da aplicabilidade cotidiana destes conhecimentos. Tal fato é bem conhecido pelos professores e por todos os integrantes da estrutura docente. Tanto que os recentes planos curriculares como PCN, PCNEM e BNCC levam esta realidade em consideração, de forma que podemos claramente identificar, em suas propostas explícitas de interdisciplinaridade, uma tentativa de interligar os conhecimentos pertencentes às várias disciplinas, tanto entre si quanto com a realidade social e cultural dos educandos.

Em parte pode parecer-nos até uma espécie de paradoxo o fato identificado da não transposição dos conhecimentos para o mundo cotidiano, pois o conhecimento físico é exatamente o elemento motor para todo o desenvolvimento tecnológico experimentado pelo mundo contemporâneo. O que devemos considerar, entretanto, é que cada indivíduo interage de uma forma diferente com o conhecimento (BRUNER, 1991). O que ocorre, entretanto, parece ser uma alienação

consciente, onde os indivíduos já se acostumaram a utilizar equipamentos com tecnologias, desde as mais simples até as mais avançadas, sem manifestar interesse de conhecer o princípio base de seu funcionamento. Isso pode ter origem no fato de que, existindo em contexto onde a tecnologia apresenta-se como lugar comum, esta passa a não ser algo excitante, ou melhor dizendo, extraordinário para o indivíduo, sendo que os motores e princípios necessários ao funcionamento de cada um dos sistemas utilizados acabam sendo admitidos como triviais, mesmo que sua essência escape totalmente ao conhecimento do vulgo.

Um dos principais desafios dos docentes das disciplinas de ciências chamadas naturais é redespertar o entusiasmo nos alunos, o que necessariamente passa por uma total mudança de visão por parte dos discentes, postura esta que deve ser assumida por opção própria, motivada por incentivo e nunca por pressão. É tarefa do ensino selecionar estratégias, através das quais se possam socializar os alunos a desenvolverem propósitos, metas, expectativas, crenças e emoções que resultem numa motivação positiva para a aprendizagem (GUIMARÃES, 2001).

“Não se trata de apresentar ao jovem a Física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir.” (BRASIL, 2006, p. 61)

Uma das opções que o professor dispõe para esta campanha é a utilização de ferramentas as quais já possuem validade segura e manifesta no contexto social dos alunos. Para levar os estudantes a querer aprender é necessário criar um clima encorajador da sua iniciativa e autoexpressão e que seja sensível as suas necessidades internas e expectativas pessoais (RYAN; STILLER, 1991). Devemos, ainda, considerar que um elemento que será efetivamente facilitador neste processo é a universalidade de acesso à ferramenta determinada.

Mas para isso é necessário identificar um objeto relativamente comum, preferencialmente onipresente e tangente a todas as classes sociais e culturais, que seria o tema axial para uma abordagem. Dentro desta realidade e neste contexto identificamos como tema apropriado e coerente a abordagem da evolução do automóvel sob o ponto de vista da

Física, fazendo-se também uma contextualização histórica e social dos eventos associados.

Um dos fatores que motivaram a adoção do automóvel como tema foi o fato de que este, desde sua criação, não existiu como ferramenta estática cronologicamente falando. Desde o seu início, como uma simples carroça automotriz, esta ferramenta vem evoluindo progressivamente, assimilando e absorvendo novas tecnologias que tem-lhe permitido aumentar sua amplitude de aplicação e acrescido conforto e segurança aos seus usuários, chegando aos dias atuais com íntima ligação com as mais recentes tecnologias e carregando em si exemplos para muitos dos principais e mais atuais argumentos científicos.

Para aumentar a ludicidade e promover uma assimilação mais natural dos conceitos abordados fez-se o uso de diversas formas de mídia (as TICs) como animações, simulações e vídeos, de forma a apresentar visualmente exemplos dos argumentos apresentados.

Considerando-se o fato de que o automóvel possui uma representação peculiar dentro do contexto social e cultural, consideramos também o caráter potencial motivacional em nossa opção adotando-o com objeto de estudo.

Conforme Guimarães (2004), a motivação está diretamente ligada com relação estabelecida entre o conteúdo e o cotidiano do aluno, bem como sua representatividade. Nossa proposta tenta fazer exatamente esta função, apresentar a validade do conhecimento no dia a dia do aluno, usando o automóvel como ponte para este objetivo.

## **2.1- Objetos de aprendizagem**

Para a definição do que vem a ser um objeto de aprendizagem podemos inicialmente adotar a definição mundialmente apresentada pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers), segundo o qual objeto de aprendizagem vem a ser qualquer entidade, digital ou não, que possa ser utilizada, reutilizada ou referenciada no processo de aprendizagem apoiada por tecnologias (BARKER, 2004). Podem apresentar-se como simulações, animações, vídeos, áudios, páginas web e arquivos multimídia dentre outros. Uma outra definição apresentada

por Wiley traz uma definição segundo a qual um objeto didático é *“qualquer recurso digital que pode ser reutilizado para apoiar a aprendizagem”* (WILEY, 2000).

Uma das principais características dos objetos didáticos é seu potencial de reutilização, permitindo que este seja usado infinitas vezes e nos mais variados contextos de ensino. Esta característica está diretamente ligada a um conceito denominado granularidade do objeto. Segundo este conceito, quanto mais específico é um objeto e menor o número de objetivos maior será sua granularidade e seu potencial de aplicação.

Podemos encontrar exemplos de repositórios digitais de objetos didáticos na internet, em sites como o Phet, repositório de objetos criado pelo MIT em formato Java (endereço [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)), ou então o Banco Internacional de Objetos educacionais do MEC (endereço <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/>).

## **2.2- Aprendizagem significativa**

A teoria da aprendizagem significativa foi apresentada inicialmente em 1963 por David Paul Ausubel. Seu conceito consiste na reconfiguração de ideias já existentes por parte do aluno em sua estrutura mental de forma que com isso seja capaz de acessar novos conhecimentos. Para que haja aprendizagem significativa em um processo de ensino é necessário que o aluno possa efetivamente relacionar o que aprendeu com o conjunto de conhecimentos que já possuía previamente. Neste contexto, a aprendizagem residual (a aprendizagem que fica após o processo instrucional) é consideravelmente maior quando comparada a aprendizagem mecânica (SOUZA, 2010).

O conceito de aprendizagem mecânica apresentado por Ausubel refere-se à aprendizagem que ocorre sem interação com os conceitos anteriormente existentes na estrutura cognitiva. A estrutura de conhecimento pré-existente que interagirá com o a nova informação a fim de formar uma nova estrutura é denominada de subsunçor. Ocorre que, se houve efetivamente aprendizagem significativa, ao final do processo existirá um novo subsunçor que será o antigo subsunçor modificado pela

nova informação a ele associada. Este processo de associação e modificação é chamado por Ausubel de ancoragem.

No contexto da aprendizagem significativa o interesse do aluno é fator determinante no processo. Conforme Ausubel (MOREIRA, 1999), o aluno só aprende significativamente se apresentar uma pré-disposição para tal. Assim, é determinante no processo de ensino e aprendizagem que existam elementos que possam despertar o interesse dos alunos com relação aos conteúdos das disciplinas. Uma boa opção para isso é trazer elementos existentes no cotidiano do aluno e, preferencialmente com representatividade social/cultural.

### **2.3- Motivação**

É fato conhecido que a motivação ao aprendizado em sala de aula por parte dos alunos é o resultado da combinação de inúmeras variáveis, composto por fatores oriundos internamente ao sistema escolar e também de fatores de origem externa. Variáveis externas à escola são comumente localizadas fora do alcance de ação do docente, entretanto as variáveis internas ao ambiente escolar são também sobremaneira importantes no processo de motivação e devem ser trabalhadas corretamente pelo docente.

Do ponto de vista motivacional, o que é uma experiência marcante para um indivíduo em si pode representar uma iniciativa apática para outro. É evidente que a motivação escolar é algo complexo, dependente de uma variedade de fatores subjetivos. Não se pode negar que há limites para se alterar o fato de que o aluno é alguém que se move por diversos motivos e emprega intensidades diferentes de energia nas tarefas ou disciplinas que realiza (LABURÚ, 2006 p.386).

“[...]é tarefa do ensino selecionar estratégias, através das quais se possam socializar os alunos a desenvolverem propósitos, metas expectativas, crenças e emoções que resultem numa motivação positiva para a aprendizagem.” (GUIMARÃES, 2001)

Estudos acerca da motivação nos processos de ensino e aprendizagem registram que esta pode apresentar-se de duas origens:

intrínseca e extrínseca. Chama-se motivação intrínseca aquela que tem origem interna, que não traz recompensas externas, tendo origem nos interesses, gostos e vontade de satisfação do indivíduo. Por sua vez, a motivação dita extrínseca, é aquela que tem origem em interesses externos, como recompensas financeiras, reconhecimento social ou notas em avaliações:

“Quando se fala em garantir o sucesso no ensino-aprendizagem, deve se levar em conta que as realidades, os anseios e as necessidades não são as mesmas, existe uma diversidade muita grande entre nossos alunos.” (SANTOS; LIMA, 2014)

Segundo Guimarães (2001), os esforços educacionais devem, prioritariamente, almejar a motivação intrínseca:

“Envolver-se em atividades por razões intrínsecas gera maior satisfação e há indicadores que esta facilita a aprendizagem e o desempenho. Estes resultados devem-se ao fato de que, estando assim motivado o aluno opta por aquelas atividades que assinalam oportunidade para o aprimoramento de suas habilidades, focaliza a atenção nas instruções apresentadas, busca novas informações, empenha-se em organizar o novo conhecimento de acordo com seus conhecimentos prévios, além de tentar aplicá-lo a outros contextos.” (GUIMARÃES, 2001, p.38)

Para Ausubel, a aprendizagem dos alunos do ensino fundamental se torna mais significativa quando os novos conhecimentos, trabalhados pelo professor, venham a se relacionar e a interagir com a estrutura cognitiva existente somando e servindo de suporte para novas informações.

Em um momento contemporâneo em que a tecnologia tem inserção e representatividade social de forma extremamente dinâmica, não existem mais argumentos para manter as aulas alheias a esta realidade. Exemplificando, temos o argumento de Jucá (2006) o qual afirma que os softwares educativos estão se tornando uma solução incontestável, à medida que são empregados na simulação, substituindo sistemas físicos reais.

Uma das opções existentes neste contexto, que pode contribuir de forma extremamente positiva à assimilação dos conteúdos, é o uso de objetos didáticos, apresentando-se nos formatos de simulações, animações, vídeos e hipertextos, disponíveis muitas vezes de forma gratuita na internet e possuindo, inclusive, endereços específicos para distribuição. Imagina-se que uma iniciativa proveitosa seria associar uma ação motivacional que programasse a utilização de TICs dentro do contexto das aulas, a fim de representar um elemento reforçador do conteúdo. Dessa forma o espectro motivacional das aulas seria ampliado, alcançando mais alunos.

### **3- BREVE ANÁLISE DA RELAÇÃO EXISTENTE ENTRE A EVOLUÇÃO DO AUTOMÓVEL E HISTÓRIA DA CIÊNCIA E SOCIEDADE**

A docência das disciplinas ditas exatas sempre foi um desafio. O que soa mais paradoxal é exatamente o fato de que estes conhecimentos são os alicerces de todo o desenvolvimento científico contemporâneo, responsável por todas as mudanças sociais e culturais que experimentamos hoje. Vê-se pessoas embarcando em voos de longa distância, comunicando-se através de e-mails, dirigindo automóveis e utilizando o GPS sem ao menos indagarem quais forças naturais lhes permitem a execução destas tarefas. Nos colégios pode-se ver diariamente um sem fim de alunos utilizando telefones ou equipamentos wifi para a comunicação, sem que ao menos manifestem o interesse por saber como a modulação de ondas eletromagnéticas lhes dá o poder de receber mensagens, imagens, vídeos instantaneamente e sem qualquer fio.

Quando se fala em história da ciência, manifesta-se mais um agravante. Visto que tal contexto demanda uma ação no sentido de interdisciplinaridade, ou seja, um conhecimento bem estruturado e coerente das disciplinas de história que possibilite uma interpretação crítica dos fatos, possibilitando assim uma interpretação de como estes fatos foram relevantes para a forma como se deu o desenvolvimento científico.

Um exemplo bastante explícito desta relação repousa exatamente sobre o objeto de nosso trabalho, o automóvel. A origem do automóvel é, se não explicitamente, mas certamente de uma forma implícita, resultado de uma demanda social tecnológica.

Com a primeira revolução industrial viu-se o fim das manufaturas e a instalação das primeiras fábricas. A máquina a vapor e a mecanização dos sistemas fabris começaram a substituir de forma extremamente eficaz a força humana e animal, até então utilizadas. Podemos ver o primeiro automóvel controlado, desenvolvido por Nicolas Cugnot, como um exemplo desta realidade. O automóvel desenvolvido por Cugnot, um engenheiro militar, utilizava a principal fonte motriz de sua época, o vapor, para transportar os pesados canhões do exército francês. Desta forma ele estava aplicando os conhecimentos

termodinâmicos recentemente descobertos para amenizar o peso das tarefas de seus soldados.

Com a criação da locomotiva à vapor viu-se um enorme avanço no transporte coletivo de pessoas e de cargas. Entretanto até a segunda metade do século XIX não existia um sistema consolidado para o transporte particular. Vários veículos protótipos foram desenvolvidos utilizando propulsores dos mais variados, desde carvão mineral até hidrogênio, mas nenhum conseguiu se estabelecer como modelo definitivo. A tecnologia avançava e com os novos conhecimentos termodinâmicos desenvolvidos por pesquisadores como Carnot, Maxwell e Boltzmann as máquinas térmicas estavam se tornando cada vez menores e mais eficientes.

Foi neste contexto que o alemão Karl Benz desenvolveu, em 1886, o que podemos chamar de primeiro carro moderno. Seu automóvel era, na verdade um triciclo que utilizava como propulsor um motor de quatro tempos movido à gasolina, desenvolvido dez anos antes pelo também alemão Nikolaus Otto. O veículo de Benz foi o primeiro especificamente projetado para ser um produto comercializável e o motor de ciclo Otto segue sendo usado até hoje na maioria dos automóveis de pequeno e médio porte, com as devidas melhorias, certamente.

Graças aos estudos de pesquisadores como Michael Faraday, James Maxwell e Nikola Tesla, dentre vários outros, o século XX iniciou-se tendo a eletricidade como mais uma opção de energia aplicável para o benefício humano. Fazendo também uso das novas tecnologias, os automóveis começaram a aplicar a eletricidade em seus sistemas, como no caso do Cadillac 1910, primeiro automóvel a utilizar um farol com acendimento elétrico.

Desenvolvendo uma rápida análise social, vemos que as inovações sempre foram disponibilizadas primeiramente para as classes de poder financeiro elevado, para depois serem disponibilizadas para o público comum. O farol automobilístico é um exemplo deste argumento, pois na época os Cadillac eram considerados carros de luxo.

Ao contrário do que é comum pensar, a tecnologia dos automóveis elétricos não é recente. Até o conceito da reutilização da energia cinética gerada pelo movimento do veículo para o carregamento

das baterias já era conhecida desde o século XIX. De fato, os veículos elétricos já foram fortes concorrentes dos automóveis de combustão interna. Podemos tomar como exemplo a cidade de Nova York: em 1903 havia cerca de quatro mil automóveis registrados, sendo 53% a vapor, 27% a gasolina e 20% elétricos. Em 1912 a frota de carros elétricos naquela cidade atingiu o ápice de trinta mil unidades (BARAN; LEGEY, 2014, p. 213). A partir da década de trinta, o número de automóveis elétricos começou a diminuir, ao ponto de praticamente desaparecer ao fim do século XX.

No início do século XX a produção em série de mercadorias trouxe para a economia uma nova dinâmica em que a distribuição de produtos sofria uma demanda por tornar-se cada vez mais rápida e eficiente. Foi nesse contexto que Karl Benz mostrou ser realmente um visionário em relação a sistemas propulsores: em 1923 sua empresa lançou ao mercado o primeiro caminhão com motor Diesel.

O motor de quatro tempos ciclo Diesel foi patenteado em 1897 por Rudolf Diesel e apresenta uma construção mais robusta, maior simplicidade e maior eficiência termodinâmica quando comparado ao motor quatro tempos ciclo Otto. Para isso Diesel trabalhou com uma propriedade bem característica do combustível propulsor de seu sistema: a temperatura de ignição. Isto fez com que pudesse eliminar de seu motor todo o sistema de ignição. Cabe aqui um comentário histórico-cultural acerca de Rudolf Diesel, que desapareceu sob circunstâncias estranhas em 1913 durante uma viagem no canal da Mancha, viagem durante a qual vendeu a patente de sua invenção.

Pesquisas acerca de materiais semicondutores, inicialmente identificados por Michael Faraday, permitiram que na quinta década do século XX os físicos John Bardeen e Walter Houser Brattain desenvolvessem nos laboratórios da Bell Telephone o componente responsável por uma revolução na eletrônica: o transistor. O transistor foi o substituto das válvulas termiônicas, ocupando um espaço infinitamente menor e permitindo a miniaturização dos equipamentos eletrônicos. Graças a esta revolução computadores que antes ocupavam o espaço de um galpão inteiro puderam evoluir a ponto de tornarem-se dispositivos portáteis. A indústria automobilística também se apropriou das vantagens dos transistores, e em 1958 a Volkswagen já utilizava sistemas eletronicamente controlados para a injeção de combustível em alguns de seus automóveis esportivos.

Aqui temos também uma manifestação de como a cultura é elemento determinante na adoção de novas tecnologias, pois mesmo possuindo grandes vantagens em relação aos sistemas mecânicos de injeção de combustível, levou-se mais de quatro décadas até que o sistema eletrônico de injeção de combustível estivesse consolidado na indústria automobilística.

Das várias teorias físicas desenvolvidas no decorrer do século XX, uma das mais revolucionárias foi a teoria da relatividade, proposta por Albert Einstein em 1905 na forma de relatividade restrita e em 1915 de forma da relatividade geral. A relatividade de Einstein quebrou as concepções de espaço e tempo, fundamentais às proposições da mecânica newtoniana, obrigando a ciência a buscar novos paradigmas.

Apesar de aparentemente paradoxal, a teoria da relatividade tem demonstrado cada vez mais sua validade, sendo aplicada em inúmeros dos sistemas tecnológicos usados diariamente. Um exemplo ocorre na utilização de satélites, onde graças à grande distância ao centro de massa terrestre, e a enorme velocidade orbital, fazem-se necessárias correções acerca das distorções do fluxo do tempo. Essas correções são fundamentais quando da utilização de sistemas de posicionamento georeferenciado, GPS, também atualmente instalados em automóveis, pois as distorções de valores devidos à diferença entre o relógio do satélite e os relógios em terra ocasionariam erros de localização superiores a dez quilômetros.

Mesmo através de uma rápida análise podemos claramente identificar que as teorias científicas são os alicerces que possibilitam à humanidade os avanços tecnológicos e subseqüente avanços da sociedade. Todas as possibilidades existentes nos mais diversos campos não seriam possíveis em um universo sem o argumento científico e a pesquisa.

## **4- APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA EDUCACIONAL**

Para melhor visualização dos procedimentos propostos para a aplicação da sequência educacional desenvolvida, podemos dividi-la em três passos:

- Desenvolvimento do plano de ensino;
- Aplicação da aula utilizando os objetos didáticos;
- Avaliação dos resultados.

Essa divisão permite que cada um dos três momentos seja visualizado particularmente, explicitando as ações necessárias em cada passo.

### **4.1- Desenvolvimento do Plano de Ensino**

O desenvolvimento de um plano de ensino permitirá, além de organizar a sequência a ser apresentada durante a aplicação, permitir uma pré-identificação dos resultados esperados e determinação dos procedimentos necessários para que estes sejam alcançados.

Apresentamos a seguir um modelo de plano de ensino, que pode ser adotado caso seja de interesse do professor, lembrando, entretanto, que é permitido e aconselhável que cada professor avalie o contexto de sua escola e determine o conteúdo abordado, alterando o plano de ensino conforme suas necessidades ou desenvolvendo outro, caso considere válido.

## PLANO DE ENSINO

ESCOLA: Determinação docente

DISCIPLINA: Física

PROFESSOR: Docente

TEMA/SITUAÇÃO: Termodinâmica e Máquinas Térmicas

SÉRIE/NÍVEL: Segundo Ano do Ensino Médio

NÚMERO DE AULAS E TEMPO DA AULA: 3 aulas

### 1. JUSTIFICATIVA

Em um contexto histórico podemos ver a importância da termodinâmica: o seu desenvolvimento foi um dos alicerces da revolução industrial. Com o advento das máquinas térmicas surgiu também todo um novo sistema de produção, que transformou a sociedade por inteiro.

Mudando o foco para o cotidiano contemporâneo podemos identificar os processos termodinâmicos nas mais diversas situações, desde uma panela de pressão usada para o cozimento de alimentos até nas turbinas de jatos supersônicos. A termodinâmica tem papel imprescindível em nossa sociedade, como podemos verificar nos motores de combustão interna, responsáveis por praticamente todo o transporte terrestre e marítimo atual.

### 2. OBJETIVOS GERAIS

O aluno deverá conhecer as principais grandezas envolvidas nos processos térmicos, bem como entender a interrelação existente entre elas. Deverá ter noção de quais são transformações térmicas, suas características e equações. Deverá também ser capaz de analisar ciclos termodinâmicos, bem como calcular o trabalho realizado em ciclos

simples e ainda ser capaz de identificar as transformações térmicas em máquinas térmicas simples.

### 3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O objetivo principal desta aula será fazer a utilização de ferramentas TIC como apoio ao ensino dos conteúdos de termodinâmica e máquinas térmicas. Ao fim das aulas será apresentado um questionário, sem fim avaliativo, que terá por objetivo avaliar a motivação e as impressões que os alunos obtiveram, resultantes do experimento. Com relação à expectativa de aprendizado, é interessante que o aluno possa ao fim da aula utilizar-se de métodos matemáticos para calcular, em uma transformação isocórica, o valor de qualquer uma das variáveis como pressão inicial, pressão final, temperatura inicial e temperatura final, conhecendo-se o valor das outras três variáveis na equação de estado do gás ideal. O mesmo valendo para as transformações isobárica, isotérmica. Deverá identificar o trabalho realizado em um sistema através da análise da área compreendida internamente em um gráfico  $P \times V$ , ou outro tipo de representação gráfica de seu ciclo térmico.

### 4. CONTEÚDO

- Transformação isobárica;
- Transformação isocórica;
- Transformação isotérmica;
- Transformação adiabática;
- principais grandezas térmicas e sua interrelação;
- Apresentação de simulações e animações sobre as máquinas térmicas do ciclo Otto, Diesel e a máquina de Watt;
- Gráfico  $P \times V$  de cada um dos ciclos;
- Trabalho realizado em cada um dos ciclos;

- Primeira lei da termodinâmica;
- Segunda lei termodinâmica.

## 5. DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

A aula é iniciada com uma revisão de conceitos (lei geral dos gases, equação de Clapeyron, transformação isobárica, isotérmica, isocórica, transformação adiabática, primeira lei da termodinâmica, segunda lei da termodinâmica, rendimento térmico e trabalho).

Após isso é apresentada a máquina à vapor desenvolvida por Nicolas Joseph Cugnot, que ficou definitivamente pronta no ano de 1771, sendo considerada o primeiro automóvel controlável feito. É demonstrada a equivalência do ciclo térmico do sistema de Cugnot com o ciclo térmico da máquina de Watt, aproveitando a oportunidade para identificar transformações isocórica e isotérmica no diagrama  $P \times V$  equivalente, usando como auxiliar para isso a animação de um cilindro de dupla ação, utilizado em locomotivas à vapor (ciclo Watt). É apresentado também um vídeo que explica de forma lúdica o funcionamento da carroça de Cugnot.

A seguir é apresentado o automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, primeiro a ser efetivamente projetado para utilizar um motor. O carro de Benz usava um motor à gasolina de quatro, ciclo Otto. Utilizando-se uma animação interativa são apresentados aos alunos os quatro tempos do ciclo Otto e associados ao respectivo diagrama  $P \times V$ . São identificadas no ciclo as transformações adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica. Com auxílio na transformação isotérmica do ciclo pode-se reforçar o entendimento equação de Clapeyron,  $P.V = n.R.T$ , mostrando que  $n$  (quantidade de gás) e  $R$  (constante dos gases perfeitos) atuam na equação determinando uma curva coerente com uma transformação isotérmica (apesar de que o gás resultante da queima do combustível não pode ser considerado gás ideal). É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor à gasolina.

Finalizando a aula apresentamos o ciclo Diesel, por meio do caminhão Benz 5k3 de 1923, primeiro automóvel a utilizar um motor deste tipo.

Utilizando-se uma animação interativa são apresentados aos alunos os quatro tempos do Diesel e as transformações envolvidas, fazendo ainda uma comparação com os processos e as transformações do ciclo Otto usando para isso os respectivos diagramas P x V. São identificadas as transformações adiabática, isocórica, isotérmica e isobárica, evidenciando-se explicitamente a transformação isobárica existente no momento da explosão e a diferença ao ciclo Otto, onde a explosão ocorre de forma isocórica e num período instantâneo. Pode-se utilizar a peculiar ausência das velas de ignição no motor Diesel para explicar a diferença entre temperatura de combustão e temperatura de ignição, bem como relacionar a elevada relação de compressão do ciclo Diesel com uma maior temperatura alcançada, comparando-se ao ciclo Otto.

É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor Diesel e comparado ao do motor à gasolina.

## 6. RECURSOS

- Quadro;
- Caneta marcadora;
- Laboratório de informática;
- Data show;
- Computador;
- Apresentações em Java, PowerPoint e vídeo;
- Caneta laser.

## 7. AVALIAÇÃO

O rendimento da turma será avaliado através da dinâmica da própria aula, com base nas perguntas e participação dos alunos. Posteriormente será apresentado um questionário individual, para que os

alunos avaliem quais foram as suas impressões com base no conteúdo da aula.

#### **4.2- Aplicação**

Como o objetivo da proposta é trazer os conteúdos de termodinâmica e máquinas térmicas para uma perspectiva lúdica e cotidiana com a utilização de TIC, devemos considerar que existe um momento ideal, dentro da grade de conteúdos da disciplina de Física, para a sua aplicação. Este momento é imediatamente após as aulas referentes aos conteúdos de termodinâmica e máquinas térmicas, considerando também que o conteúdo referente aos gases ideais tenha sido anteriormente abordado.

A aplicação é planejada para que necessite de apenas três aulas para efetiva apresentação. A proposta principal é de que as TIC sirvam de apoio para as aulas anteriores, utilizando animações, simulações, vídeos e apresentações abordando conceitos já apresentados, vistos agora sob uma ótica cotidiana, utilizando para isso o automóvel como tema base.

Todas as TIC utilizadas na apresentação estão disponíveis no endereço eletrônico <http://www.automnpef.blogspot.com>, que tem como tema central a Física na evolução do automóvel.

Conforme descrito no plano de aula, esta foi desenvolvida para ser aplicada em uma sala com projetor digital e quadro branco, podendo ser um laboratório de informática, sala de vídeo ou a própria sala de aula, dependendo da infraestrutura disponibilizada pelo colégio.

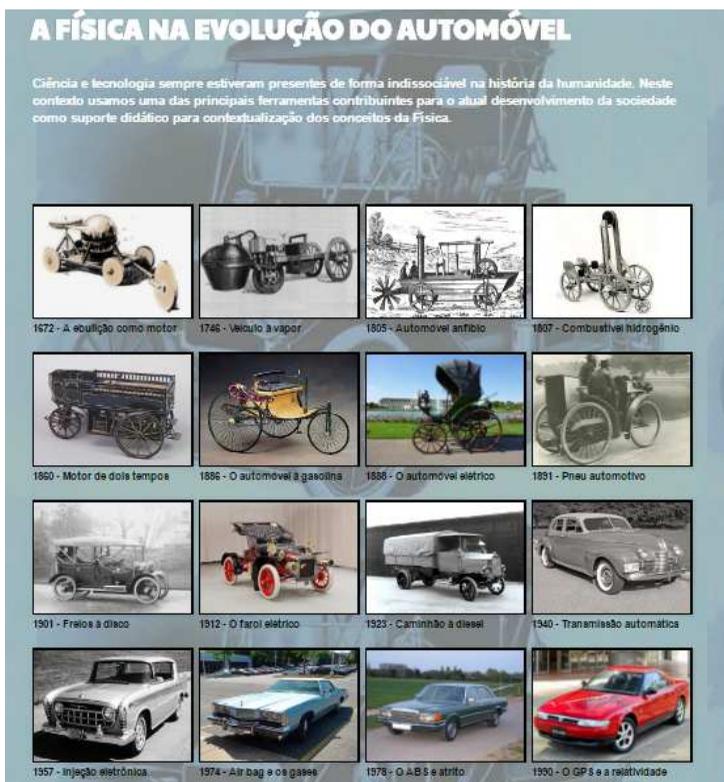
Para o início da aula é prevista uma rápida revisão dos conceitos:

- Lei geral dos gases;
- Equação de Clapeyron;
- Transformação isotérmica;
- Transformação isobárica;
- Transformação isocórica;

- Transformação adiabática;
- Primeira lei da termodinâmica;
- Segunda lei da termodinâmica;
- Rendimento térmico;
- Trabalho.

Em seguida, faz-se acesso ao site “A Física na Evolução do Automóvel”, através endereço eletrônico acima citado. Será apresentada a estrutura conforme a imagem abaixo:

**Figura 1** – Página principal do site.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Seleciona-se então o link “1746 – Veículo à vapor”. Será apresentada uma contextualização histórica falando sobre a autoria e as circunstâncias do desenvolvimento do primeiro automóvel pilotado, propulsionado por uma caldeira à vapor.

**Figura 2** – Carroça a vapor de Cugnot.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 3** – Argumento histórico para a máquina de Cugnot.

### Carroça a Vapor de Cugnot

Nicolas-Joseph Cugnot foi um engenheiro militar que em 1746 construiu uma máquina a vapor destinada ao transporte de pesados canhões para o exército francês. No ano seguinte construiu uma versão melhorada. Este veículo tinha capacidade para carregar até 4 toneladas à velocidade de 4 km por hora, tinha dois pares de rodas atrás e um na frente que suportavam a caldeira e era dirigido por um leme. Em 1771 o seu veículo bateu contra uma parede de tijolos, ficando conhecido como o primeiro acidente de automóvel do mundo. Este acidente pôs fim às experiências do exército francês com veículos mecanizados.

O princípio de funcionamento da propulsão desenvolvida por Cugnot era bastante semelhante ao sistema patenteado em 1770 por James Watt e posteriormente usado nas primeiras locomotivas: Existiam dois cilindros localizados um a cada lado da roda motriz, os quais eram alimentados de forma alternada pelo vapor sob pressão proveniente da caldeira. O sistema possuía um arranjo mecânico que interligava os dois cilindros, fazendo com que o avanço de um dos êmbolos forçasse o retorno do outro.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Com as informações disponibilizadas o professor pode, inclusive, fazer uma breve incursão interdisciplinar se for de seu interesse, associando as informações à fatos da primeira revolução industrial.

No canto inferior esquerdo da janela encontra-se o botão “Conceito Físico”, o qual deve então ser selecionado. Será então apresentada a descrição termodinâmica do funcionamento da máquina de Watt, sistema motriz semelhante ao da carroça de Cugnot. Na parte inferior esquerda da janela existe uma animação que deve ser utilizada juntamente com o gráfico da direita, de forma que sejam identificados os momentos do ciclo onde ocorrem as transformações isocórica, isobárica e isotérmica.

**Figura 4** – Argumentação teórica para a máquina de Watt.

**Máquina de Watt**

Em uma máquina a vapor, a caldeira ferve continuamente água numa câmara fechada, criando vapor a alta pressão. Usando estes conceitos James Watt desenvolveu sua máquina, que converte energia térmica em energia cinética utilizando-se dos seguintes ciclos:

**Primeiro ciclo**

O vapor da caldeira é direcionado para a extremidade dianteira do cilindro por uma válvula de correção e entra na câmara de vapor inicialmente de forma isovolumétrica (ou isocórica). O vapor de alta pressão comprime o êmbolo forçando-o a movimentar-se para trás, inicialmente de forma isobárica e posteriormente de forma isotérmica.

**Escape**

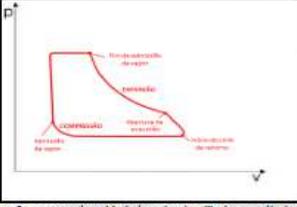
No final do curso de êmbolo, a válvula é deslocada e permite ao vapor sob pressão sair através da abertura de escape. Com a abertura de escape liberada o vapor pode sair de forma isobárica.

**Segundo ciclo**

Ao mesmo tempo, a válvula deslizante começa a admissão de vapor de alta pressão para a extremidade traseira do cilindro repetindo o mesmo processo do primeiro ciclo, só que agora no sentido contrário, empurrando assim o pistão para a frente.

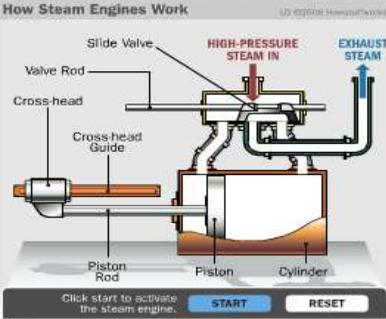
**Escape**

O escape acontece de forma semelhante ao escape do primeiro ciclo.



O gráfico P-V mostra o ciclo termodinâmico da máquina de Watt. O eixo vertical é a pressão (P) e o eixo horizontal é o volume (V). O ciclo é formado por quatro pontos: 1. Estado inicial de baixa pressão e volume. 2. Transformação isocórica: o vapor é comprimido a volume constante, aumentando a pressão. 3. Transformação isobárica: o êmbolo se move para trás, aumentando o volume e diminuindo a pressão. 4. Transformação isotérmica: o vapor se expande a temperatura constante, aumentando o volume e diminuindo a pressão. O ciclo retorna ao estado inicial por uma transformação isobárica de escape.

**How Steam Engines Work**



O diagrama ilustra o mecanismo da máquina de Watt. O cilindro contém o pistão, conectado ao eixo do pistão. O eixo do pistão está ligado ao cabeçote, que se move para cima e para baixo. O cabeçote está conectado ao eixo da válvula deslizante. Quando o cabeçote se move para cima, a válvula deslizante abre para a entrada de vapor de alta pressão. Quando se move para baixo, abre para o escape do vapor. O diagrama também mostra o eixo de correção, o eixo do pistão, o pistão, o cilindro e o eixo de escape. Botões de "START" e "RESET" estão visíveis na base do diagrama.

Click start to activate the steam engine. **START** **RESET**

Fecha | máquina de Watt | video

**Fonte:** endereço <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Analisando especificamente o gráfico da pressão pelo volume (imagem abaixo) é possível identificar a região da imagem que explicita o trabalho realizado, bem como discutir quais ações das variáveis influenciariam diretamente o valor do trabalho (como o aumento da pressão da caldeira, por exemplo)

**Figura 5** – Gráfico de pressão x volume para a máquina de Watt.

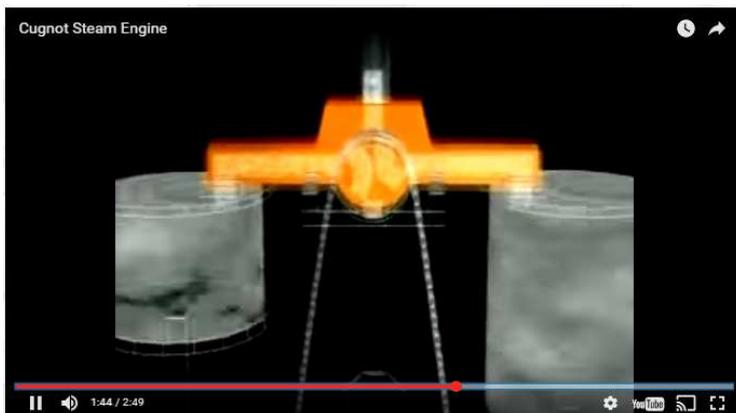


**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Pode-se ainda tecer algumas considerações especiais acerca da transformação isotérmica e sua relação com a equação de Clapeyron, de forma que os alunos possam identificá-la na respectiva curva apresentada no diagrama, utilizando-se além do projetor o quadro branco.

Para que a associação entre a máquina de Cugnot e a máquina de Watt seja visualizada, faz-se a seleção nesta janela do botão “vídeo” onde é apresentado um vídeo que mostra claramente o funcionamento do sistema propulsor da carroça de Cugnot, permitindo a comparação com o sistema motriz de Watt.

**Figura 6** – Animação em vídeo para a carroça de Cugnot – alimentação de vapor.



**Fonte:** endereço <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 7** – Animação em vídeo para a carroça de Cugnot – ação dos atuadores.



**Fonte:** endereço <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

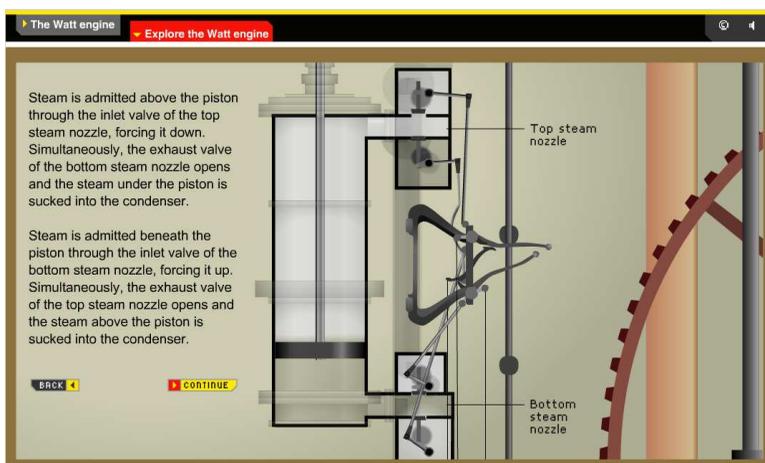
Para contribuir com a contextualização histórica é apresentada também uma animação interativa da primeira máquina patenteada por James Watt, extremamente utilizada em instalações fabris nos séculos XVIII e XIX, e marco da revolução industrial.

**Figura 8** – Animação interativa para a máquina de Watt.



**Fonte:** site <http://www.automnpf.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 9** – Animação interativa para a máquina de Watt – sistema de controle dos atuadores.



**Fonte:** site <http://www.automnpf.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

A animação encontra-se no formato .swf e necessita que o plugin Adobe flash player esteja instalado e habilitado no navegador utilizado para o acesso ao site. Os argumentos e explicações estão na língua inglesa, entretanto a animação é bastante lúdica e autoexplicativa, permitindo a interpretação de seu funcionamento mesmo sem a contribuição dos textos.

O próximo tópico a ser apresentado refere-se ao automóvel desenvolvido por Karl Benz em 1886, e deve ser acessado através do link "1886 – Automóvel à gasolina". É então apresentada a contextualização histórica falando sobre a autoria e as circunstâncias do desenvolvimento do primeiro automóvel a ser efetivamente projetado para utilizar um motor à gasolina. O professor pode aproveitar as informações e fazer uma breve contextualização comparando o motor do automóvel de Benz com os motores de automóveis contemporâneos.

**Figura 10** – Veículo a gasolina de Benz.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 11** – Argumento histórico para o veículo de Benz.

**Motorwagen de Benz**

Planejado pelo alemão Karl Benz e construído em 1886, é amplamente reconhecido como o primeiro automóvel, ou seja, veículo projetado para ser movido a motor.

O primeiro Motorwagen usou um motor de quatro tempos, ou motor de ciclo Otto, desenvolvido pelo também alemão Nikolaus August Otto em 1876. Seu motor consistia de um único cilindro com volume de 954 cc e usava gasolina como combustível.



Fecha  Conceito Físico

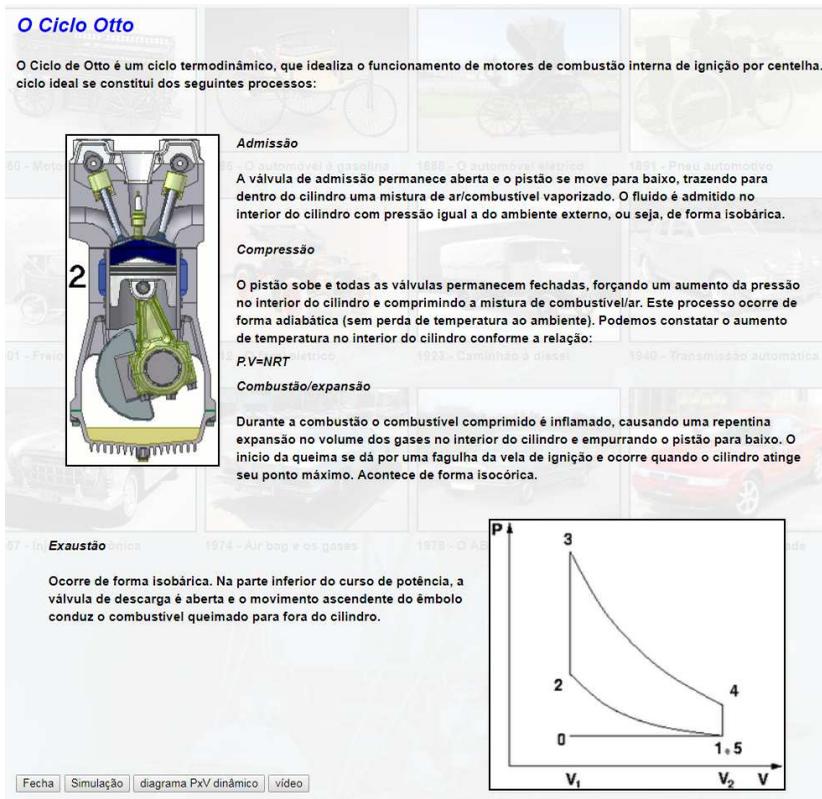
**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se então no botão “Conceito Físico” é apresentado o argumento científico para o funcionamento do propulsor do carro de Benz, evidenciando as transformações térmicas existentes em cada ciclo com o auxílio de uma animação e um diagrama de pressão por volume.

Na parte superior esquerda da janela existe uma animação que deve ser utilizada juntamente com o gráfico da direita, de forma que sejam identificados os momentos do ciclo onde ocorrem as transformações isobárica, adiabática e isocórica.

Analisando a geometria do gráfico da pressão pelo volume é possível identificar a região da imagem que explicita o trabalho realizado, bem como discutir quais as variações das grandezas envolvidas influenciariam de forma determinante o valor do trabalho realizado como, por exemplo, a variação de pressão interna no cilindro durante a explosão.

Figura 12 – Argumentação teórica para o motor de ciclo Otto.

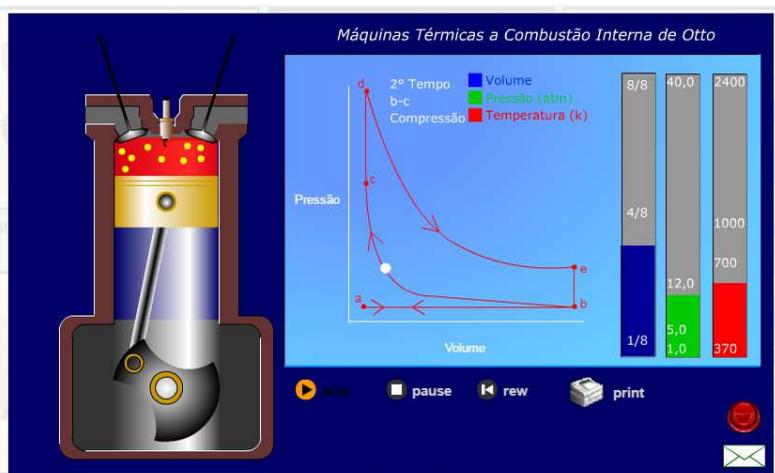


Fonte: site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Com auxílio dos processos de expansão e compressão do ciclo pode-se reforçar o entendimento da equação de Clapeyron,  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ , mostrando que  $n$  (quantidade de gás) e  $R$  (constante dos gases perfeitos) irão atuar na equação, explicitando no gráfico a curva característica das transformações isotérmicas (apesar de que o gás resultante da queima do combustível não pode ser considerado gás ideal). É apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor à gasolina.

Clicando-se então no botão “Diagrama PxV dinâmico” apresenta-se uma animação interativa onde é possível visualizar-se o comportamento das variáveis pressão, volume e temperatura, além da indicação da transformação termodinâmica que está ocorrendo no momento, conforme a progressão do ciclo. É possível interagir dinamicamente com a animação, movendo o cursor do mouse tanto sobre o ponto indicador no diagrama da pressão pelo volume tanto sobre a alavanca do virabrequim na animação do motor.

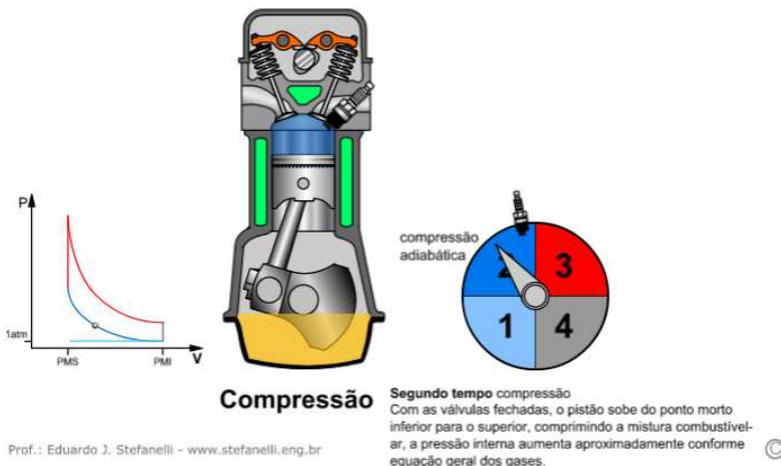
**Figura 13** – Animação interativa para o motor de ciclo Otto.



**Fonte:** site <http://www.automnpf.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Voltando-se à janela anterior e clicando-se então no botão “Simulação” apresenta-se outra animação interativa onde é possível visualizar-se uma descrição detalhada acerca de cada transformação termodinâmica que ocorre conforme a progressão do ciclo. Nesta animação é explicado, além dos argumentos físicos, o funcionamento dos componentes mecânicos do motor, tendo por base um motor com configuração mecânica atual. Também é permitido interagir dinamicamente com esta animação movendo o cursor do mouse tanto sobre a alavanca do virabrequim animação do motor.

**Figura 14** – Animação interativa para motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Para uma visualização mais ampla do processo é apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional podem ser visualizados todos os componentes do motor, por vários ângulos. No vídeo pode-se visualizar, inclusive, o comportamento térmico do fluido propulsor do sistema, explicando detalhadamente o funcionamento do motor à gasolina.

**Figura 15** – Animação em vídeo para motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Finalizando a aula é apresentado o ciclo Diesel. Para isso deve ser acessado o link “1923 – Caminhão à Diesel” onde são apresentadas informações do caminhão Benz 5k3 de 1923, primeiro automóvel a utilizar um motor deste tipo.

O professor pode aproveitar as informações e fazer uma breve contextualização, comparando o motor Diesel que equipava o caminhão de Benz com os motores Diesel atuais, observando principalmente os valores da potência (expressa em CV – cavalo vapor) e da velocidade angular da alavanca motriz do sistema, o chamado virabrequim (expressa em RPM – revoluções por minuto), os quais apresentam valores muito maiores nos motores Diesel contemporâneos. Pode-se discutir quais alterações possibilitaram este acréscimo de potência, discutindo inclusive como um aumento na velocidade angular do virabrequim reflete em aumento do momento angular e consequente aumento da energia entregue pelo motor.

**Figura 16** – Caminhão de Benz com motor de ciclo Diesel.

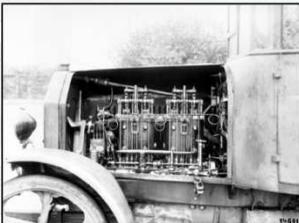


**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

**Figura 17** – Argumento histórico para o caminhão de Benz.

**Caminhão à diesel**

Em 1923, surge o Benz 5K3, o primeiro caminhão diesel do mundo, com motor de 50 cv a 1.000 rpm e capacidade de carga útil de 5,5 toneladas. A partir dali, o motor diesel firmou-se como o mais adequado para veículos comerciais, por suas características de alto rendimento termodinâmico e robustez.



1911 - Freios à disco      1912 - O motor elétrico      1923 - Caminhão à diesel

**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Clicando-se no botão “Conceito Físico” apresentam-se as características termodinâmicas do ciclo Diesel.

**Figura 18** – Argumentação teórica para o motor de ciclo Diesel.

### Ciclo diesel

O motor diesel foi patenteado pela primeira vez em 1892 por Rudolf Diesel. Basicamente seu funcionamento é semelhante à de quatro tempos, mas utiliza um método diferente para inflamar o combustível.

#### Admissão

A válvula de admissão é aberta, e o ar (sem combustível), é puxado para dentro do cilindro de forma isobárica.

#### Compressão

À medida que o pistão sobe, o ar é comprimido de forma adiabática, fazendo com que a sua temperatura suba. No final do curso de compressão, o ar está quente suficiente para inflamar o combustível.

#### Injeção/ignição

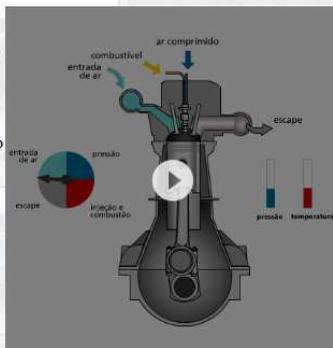
Perto do topo do curso de compressão o injetor lança o combustível para dentro do cilindro. O combustível imediatamente queima em contato com o ar comprimido quente, causando a expansão dos gases dentro do cilindro de forma isotérmica e impulsionando o pistão para baixo.

#### Escape

A válvula de escape é aberta e os gases resultantes da queima liberados isobáricamente.

Com o desenvolvimento prático de seu motor, em 1897, Diesel pode mostrar a eficiência real de seu motor, sendo na data o mais eficiente já construído. Os motores diesel ainda estão entre os mais eficientes disponíveis. Eles são amplamente utilizados em grandes caminhões, barcos, máquinas de terraplanagem, etc.

Fecha Simulação diesel x otto vídeo



**Fonte:** site <http://www.automnpf.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Pode-se utilizar a peculiar ausência das velas de ignição no motor Diesel para explicar a diferença entre temperatura de combustão e temperatura de ignição de um fluido.

Argumenta-se que os motores à gasolina necessitam de fagulha para a ignição, pois a gasolina possui uma temperatura de combustão abaixo da temperatura ambiente e alta temperatura de ignição. Já nos motores à diesel não são usadas velas para a ignição, pois apesar do óleo Diesel possuir temperatura de combustão superior a temperatura ambiente possui temperatura de ignição inferior a da gasolina. Ocorre que, sendo a compressão do ciclo Diesel adiabática, adota-se uma alta relação de compressão de forma que os gases em seu interior alcancem uma temperatura superior a temperatura de ignição do óleo Diesel (obedecendo a equação de Clapeyron e a lei geral dos gases) fazendo com que este se inflame imediatamente ao contato.

Uma pequena animação no lado direito da janela demonstra as variações de pressão e temperatura em cada um dos quatro tempos do ciclo Diesel.

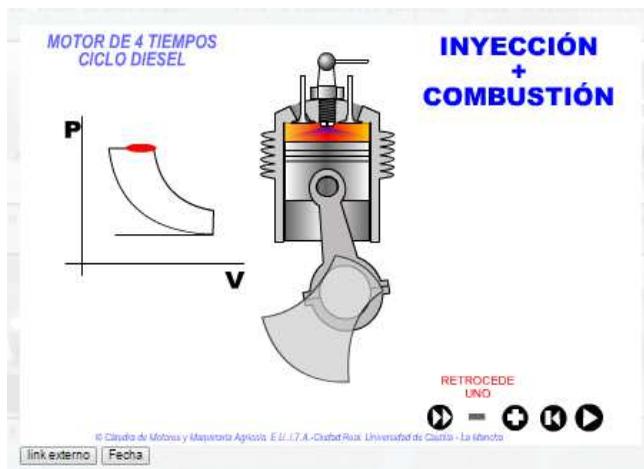
Seleciona-se então no canto inferior esquerdo da janela o botão “Simulação”, apresentando uma animação interativa onde são demonstrados aos alunos os quatro tempos do ciclo Diesel associado a um gráfico de pressão por volume.

Analisando a área interna da figura geométrica formada pelo diagrama do ciclo (representando o trabalho realizado) o professor pode argumentar como o fato de a combustão ocorrer de forma isobárica contribui positivamente para uma maior eficiência do sistema.

Pode-se ainda indicar a transformação isobárica existente no momento da explosão e comentar a diferença ao ciclo Otto, onde a explosão ocorre de forma isocórica e num período instantâneo.

É possível ainda explicitar as transformações: isobárica durante a admissão, adiabática durante a compressão, a expansão isotérmica após a queima e a exaustão também isobárica.

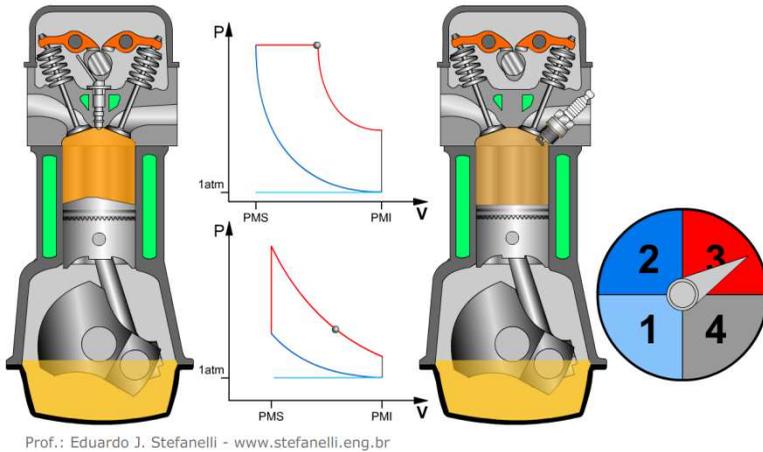
**Figura 19** – Animação interativa para motor de ciclo Diesel.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Em seguida seleciona-se o botão “Diesel x Otto” onde é apresentada uma comparação do ciclo Otto com o ciclo Diesel, fazendo para isso o uso de uma animação simultânea dessas duas máquinas térmicas bem como os respectivos diagramas de pressão e volume, com indicação dinâmica.

**Figura 20** – Animação interativa comparando o funcionamento do motor de ciclo Diesel com o funcionamento do motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

Uma rápida análise comparando os gráficos de pressão por volume de cada um dos ciclos permite identificar imediatamente a maior quantidade de trabalho realizado no ciclo Diesel

Pode-se ainda interagir com a simulação, atrasando ou adiantando o ciclo, usando o ponteiro do mouse para arrastar o ponteiro indicador dos ciclos. Sua principal vantagem é permitir explicitar as diferenças entre as transformações que ocorrem em cada um dos ciclos, como no caso do momento da explosão, que no ciclo Otto ocorre de forma adiabática e no ciclo diesel de forma isobárica ou na compressão, que no ciclo Diesel proporciona uma variação de pressão muito maior que no ciclo Otto, a fim de permitir que a temperatura no interior da câmara supere a temperatura de ignição do óleo Diesel ( $PV=nRT$ ).

Por fim é apresentado um vídeo onde, com auxílio de uma animação tridimensional, é explicado detalhadamente o funcionamento do motor Diesel e comparado ao do motor à gasolina, onde podem ser vistas todas as partes do motor em funcionamento, detalhadamente.

**Figura 21** – Animação em vídeo para motor de ciclo Otto com explicações.



**Fonte:** site <http://www.automnpef.blogspot.com> acessado em 15/09/2016.

No vídeo pode-se visualizar o comportamento térmico do fluido propulsor em ambos os sistemas, explicando o funcionamento de cada um dos motores.

Ao final das apresentações o professor pode explicar como cada uma delas confirma a primeira da termodinâmica, pois em cada um dos casos foi necessário uma fonte de calor para a produção de trabalho:

$$Q = \tau + \Delta U$$

No motor à vapor a fonte quente foi o vapor oriundo da caldeira. Nos motores a explosão a fonte quente foi originada a partir da explosão de um fluido combustível.

Tendo por argumento o rendimento térmico pode-se ainda demonstrar a segunda lei da termodinâmica em cada um dos casos: nenhum dos sistemas é capaz de transformar todo o calor em trabalho.

$$\eta = \frac{\tau}{Q_q}$$

$$\eta = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q}$$

No motor à vapor temos a liberação de vapor quente no escape, demonstrando que nem toda a energia térmica foi convertida em trabalho. Nos motores à explosão temos também a liberação de gases quentes durante o escape, com o mesmo argumento.

### 4.3- Análise dos resultados

Como terceiro passo da sequência é proposta a aplicação de um questionário, a fim de quantificar a percepção dos alunos acerca do experimento. Propõe-se que o questionário avaliativo do experimento seja aplicado aos alunos na aula subsequente a aplicação das TIC.

O questionário foi estruturado com perguntas bastante simples e diretas, de forma a minimizar qualquer problema de interpretação por parte dos alunos.

Foram desenvolvidas dez questões, sendo nove de múltipla escolha no formato conhecido como Lickert, onde é apresentada uma afirmação ao participante e cinco opções de escolha com graus variados de concordância com a proposição, desde concordo totalmente até discordo totalmente e uma questão dissertativa opcional, onde o aluno pode fazer comentários acerca do experimento. A adoção do modelo Lickert praticamente elimina falhas de comunicação e permite a visualização do resultado de forma mais simples e direta.

O argumento das afirmações foi formulado de forma que permitisse identificar o impacto da experiência nos alunos quanto aos temas motivação, contextualização com o cotidiano, história da ciência e utilização de TICs, implicitamente abordados no experimento.

A seguir apresentaremos as nove perguntas objetivas bem como sua motivação.

***Proposição 1*** – *As aulas na sala de vídeo/ laboratório de informática são mais motivadoras que as aulas na sala tradicional.*

Com esta afirmação pretende-se identificar efetivamente o quanto aulas com o uso das TICs são preferíveis às aulas tradicionais. Atualmente os equipamentos digitais já se apresentam tão assimilados no cotidiano dos alunos que não é totalmente seguro afirmar que aulas no laboratório de informática apresentam maior potencial motivacional que aulas na sala de aula cotidiana, e esta questão intenta também mensurar tal situação na classe onde a aula for aplicada.

***Proposição 2*** – *A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis permite que eu visualize melhor a aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.*

Com esta afirmação pretende-se identificar se a proposta de usar o automóvel como objeto representativo do cotidiano teve efetivamente êxito, e se isso contribuiu para que os alunos se apropriassem de forma mais concreta dos conceitos físicos associados.

***Proposição 3*** – *A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo dos temas apresentados na disciplina de Física.*

Esta afirmação pretende identificar o potencial motivacional da proposta. Considerando que o automóvel possui uma representatividade no sistema social contemporâneo que ultrapassa sua função como ferramenta, pretendemos aproveitar esta situação e tentar trazer para os conceitos ensinados na disciplina de Física também esta representatividade.

***Proposição 4*** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhor visualizasse a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.*

Esta afirmação pretende identificar o quanto as TICs utilizadas na apresentação contribuíram para explicitar o quão importante é a participação da ciência no desenvolvimento das tecnologias e da sociedade, neste caso específico a termodinâmica, e de que forma os conhecimentos da Física atuam neste contexto.

***Proposição 5*** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca da relação existente entre pressão, volume e temperatura.*

Esta afirmação pretende identificar o quanto as TICs utilizadas na apresentação contribuíram para a assimilação por parte dos alunos dos conceitos corretos de pressão, volume e temperatura e para a identificação da relação existente entre eles.

***Proposição 6*** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.*

A afirmação pretende identificar o quanto as TICs utilizadas na apresentação contribuíram para um maior entendimento por parte dos

alunos das transformações termodinâmicas: isocórica, isobárica, isotérmica e adiabática.

**Proposição 7** – *As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse minha interpretação de gráficos de pressão  $x$  volume.*

Esta afirmação propõe identificar, sob o ponto de vista do aluno, o quanto as animações e mídias apresentadas contribuíram para que ele melhorasse sua interpretação de gráficos.

**Proposição 8** – *A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo de temas da história da ciência.*

A afirmação tenta permitir uma análise de como a identificação dos alunos acerca interrelação existente entre o avanço da ciência e o desenvolvimento da sociedade pode ter sido incrementada pela experiência.

**Proposição 9** – *Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.*

Com esta afirmação pretende-se identificar a se esta experiência, bem como novas propostas utilizando tecnologias da informação e comunicação serão bem recebidas.

### Questionário Avaliativo

01- As aulas na sala de vídeo/ laboratório de informática são mais motivadoras que as aulas na sala tradicional.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

02- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis permite que eu visualize melhor a aplicação no cotidiano dos temas estudados na disciplina de Física.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

03- A apresentação dos conceitos físicos associados às tecnologias usadas nos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo dos temas apresentados na disciplina de Física.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

04- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhor visualizasse a importância do tema termodinâmica no desenvolvimento da sociedade.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

05- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca da relação existente entre pressão, volume e temperatura.

- |                          |                          |                           |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Concordo totalmente      | Concordo parcialmente    | Não concordo nem discordo | Discordo parcialmente    | Discordo totalmente      |

06- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse meu entendimento acerca das transformações isobárica, isovolumétrica, isotérmica e adiabática.

Concordo totalmente      Concordo parcialmente      Não concordo nem discordo      Discordo parcialmente      Discordo totalmente

07- As simulações e vídeos apresentados permitiram que eu melhorasse minha interpretação de gráficos de pressão x volume.

Concordo totalmente      Concordo parcialmente      Não concordo nem discordo      Discordo parcialmente      Discordo totalmente

08- A apresentação histórica das tecnologias aplicadas aos automóveis faz com que eu tenha maior interesse no estudo de temas da história da ciência.

Concordo totalmente      Concordo parcialmente      Não concordo nem discordo      Discordo parcialmente      Discordo totalmente

09- Em uma análise geral, considero que o desenvolvimento de um site associando os conteúdos de Física à evolução do automóvel é uma iniciativa válida e pode contribuir positivamente no aprendizado dos temas da disciplina de Física.

Concordo totalmente      Concordo parcialmente      Não concordo nem discordo      Discordo parcialmente      Discordo totalmente

10- Caso possua alguma ideia ou opinião que considere pertinente à experiência, descreva-a no quadro abaixo:

## 5. REFERÊNCIAS

AMES, C. Classrooms: goals, structures, and student motivation. **Journal of educational psychology**, v. 84, n. 3: p. 261-271, 1992.

ARRUDA, S. M. **Entre a inércia e a busca. Reflexões sobre a formação em serviço e professores de Física do ensino médio.** 2001. Tese (Doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

AUSUBEL, D. P. **The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view.** Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

BARAN, R; LEGEY, L. F. L. **Veículos elétricos: história e perspectivas no Brasil,** In: XIII Congresso Brasileiro de Energia, Rio de Janeiro, p. 207-224, Nov. 2010.

BARKER, P. **What is IEEE Learning Object Metadata/IMS Learning Resource Metadata?** Centre for Educational Technology, Interoperability and Standards, 2004. Disponível em <http://publications.cetis.org.uk/wp-content/uploads/2011/02/WhatIsIEEELOM.pdf>. Consultado em 20 de abril de 2017.

BERTÃO, A. M.; FERREIRA, M. S.; dos SANTOS, M. R. **Pensar a escola sob os olhares da psicologia.** Biblioteca das ciências do Homem, edições Afrontamentos, Porto, Portugal, 1999.

BRUNER, J. **O Processo da educação Geral.** 2ª ed. São Paulo: Nacional, 1991.

SENA DOS ANJOS, A. J. As novas tecnologias e o uso dos recursos telemáticos na educação científica: A simulação educacional na educação de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3: p. 569-600, dez. 2008.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação?** 4 ed. Trad. Rosisca Darcy de Oliveira. Rio de Janeiro: Paz e terra, 1979, p. 93.

GUIMARÃES, S. E. R. **Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula.** In: BORUCHOVITH, E.; BZUNECK,

J. A. (Org.). *A motivação do aluno: Contribuições da psicologia contemporânea*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001

GUIMARÃES, S. E. R. **A organização da escola e da sala de aula como determinante da motivação intrínseca e da meta aprender**. In: BORUCHOVITH, E.; BZUNECK, J. A. (Org.). *A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea* Petrópolis: Vozes, 2001.

JUCÁ, S.C.S. A relevância dos softwares educativos na educação profissional. **Ciência & Cognição**. V. 08, p. 22-28, ago. 2006

LABURU, C. E. Fundamentos para um experimento cativante. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 3: p. 382-404, dez. 2006.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA (Brasil). **Parâmetros curriculares para o ensino médio Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, 140 p, 2006.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOTA, M. S. G; PEREIRA, F. E. L. **Processo de construção do conhecimento e desenvolvimento mental do indivíduo**. Pós-graduação em educação profissional técnica de nível médio integrado ao ensino médio na modalidade EJA - Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. 11p.

NASCIMENTO, G. **O professor e as tecnologias intelectuais: uma parceria que pode dar certo**. In: ALVES, L. R. S.; SILVA, J. B. (Orgs.). *Educação e ciber-cultura*. Salvador: EDUFBA, 2001.

PESSOA, M.I.F. Novas Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação: Fundamentação e Experiências do Pará no Ensino de Ciências. In: OLIVEIRA, T.R.C. **Refletindo o Ensino de Ciências no Pará**. p103. São Paulo: Imprensa Oficial, 2002.

PIAGET, J. **O nascimento do raciocínio na criança**. 5ª. Ed. São Paulo: El Ateneo, 1993.

RYAN, R. M. & STILLER, J. The social contexts of internalization: parent and teacher influences on autonomy, motivation and learning. In MAEHR, Martin L. & AMES, Russell (eds.). **Advances in motivation and achievement**. Connecticut: Jai Press Inc., v. 7, p. 115-149, 1991.

SANTOS, A. N; LIMA, M. A. **Motivação em sala de aula**. Secretária de Estado, Educação e Lazer do Mato Grosso. 2014. Disponível em <http://www.seduc.mt.gov.br/Paginas/Motiva%C3%A7%C3%A3o-em-sala-de-aula.aspx>. Consultado em 12 de fevereiro de 2017.

SOUZA FILHO, G. F. **Simuladores computacionais para o ensino de Física básica: uma discussão sobre produção e uso**. Dez. 2010. Tese (Mestrado) – Instituto de Física, Universidade do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

WILEY, D. A. **Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy**. Em D. A. Wiley (Ed.), *The Instructional Use of Learning Objects: Versão Online*, 2000. Disponível em <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>. Consultado em 12 de fevereiro de 2017.

[https://en.wikipedia.org/wiki/François\\_Isaac\\_de\\_Rivaz](https://en.wikipedia.org/wiki/François_Isaac_de_Rivaz) consultado em 15 de maio de 2016.

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Benz\\_Patent-Motorwagen](https://pt.wikipedia.org/wiki/Benz_Patent-Motorwagen) consultado em 08 de maio de 2016.1

<http://www.stefanelli.eng.br/webpage/automobilistica/motor-4-tempos-funcionamento-ciclo-otto-injecao.html> consultado em 08 de agosto de 2016.

[http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo\\_otto.htm](http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/ciclo_otto.htm) consultado em 08 de maio de 2016.

[http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/\\_ensinandoasleisdatermodi.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_ensinandoasleisdatermodi.trabalho.pdf) consultado em 12 de maio de 2016.

<https://sites.google.com/a/ifpr.edu.br/fisica-ifpr/gifs-animados> consultado em 08 de maio de 2016.

<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/> consultado em 08 de maio de 2016.

<http://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/indice.htm> consultado em 08 de maio de 2016.

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations) consultado em 30/04/2016.

<http://auto.howstuffworks.com/engine3.htm> consultado em 30/04/2016.