

Tulio Meneghelli de Oliveira  
Vinícius Wiggers



PROJETO TEMÁTICO:  
Por que ocorrem mais furacões em  
determinadas regiões do mundo?

Joinville, Santa Catarina  
2016

Tulio Meneghelli de Oliveira  
Vinícius Wiggers

**PROJETO TEMÁTICO:**

**Por que ocorrem mais furacões em determinadas  
regiões do mundo?**

Projeto Temático construído para a disciplina de Instrumentação para o Ensino da Física 2001 – 2016/2, do curso de licenciatura em Física. Professora: Karlinne L. Devegili.

Joinville, Santa Catarina  
2016

# Sumário

	Sumário . . . . .	2
1	PROPOSTA DIDÁTICA . . . . .	4
1.1	Introdução e Justificativa . . . . .	4
1.2	Problemática/Temática de Interesse . . . . .	4
1.3	Objetivos . . . . .	5
1.3.1	Objetivo Geral . . . . .	5
1.3.2	Objetivos Específicos . . . . .	5
1.4	Modelização . . . . .	5
1.5	Público Alvo . . . . .	7
1.6	Número de Aulas . . . . .	8
1.7	Conteúdo Abordado . . . . .	8
1.7.1	Termodinâmica . . . . .	8
1.7.1.1	Primeira Lei da Termodinâmica . . . . .	8
1.7.1.2	Segunda Lei da Termodinâmica . . . . .	9
1.7.1.3	Máquina Térmica . . . . .	9
1.7.1.4	Ciclo de Carnot . . . . .	10
1.7.2	Mecânica dos Fluidos . . . . .	11
1.7.2.1	Vórtices Livres . . . . .	11
1.7.2.2	Vórtices Forçados . . . . .	11
1.7.2.3	Caracterização de um Furacão . . . . .	11
1.7.3	Formação dos Furacões . . . . .	11
1.8	Quadro Sintético das Aulas . . . . .	13
1.9	Referências . . . . .	14
2	DESCRIÇÃO DOS PLANOS DE AULA . . . . .	15
2.1	Aula 1 . . . . .	15
2.2	Aula 2 . . . . .	17
2.3	Aula 3 . . . . .	19
2.4	Aula 4 . . . . .	22
2.5	Aula 5 . . . . .	24
2.6	Aula 6 . . . . .	25
3	APLICAÇÃO DO PROJETO TEMÁTICO . . . . .	26
3.1	Planos para Aplicação . . . . .	26
3.2	Introdução . . . . .	26

3.3	Vórtices . . . . .	27
3.4	Definição de Calor, Temperatura e Trabalho . . . . .	28
3.5	Máquinas Térmicas . . . . .	28
3.6	Primeira Lei da Termodinâmica . . . . .	29
3.7	Eficiência das Máquinas Térmicas . . . . .	29
3.8	Segunda Lei da Termodinâmica . . . . .	29
3.9	Máquinas operando em Ciclos . . . . .	29
3.10	Ciclo de Carnot . . . . .	30
3.11	Modelização . . . . .	30
3.12	Anexos . . . . .	31
3.13	Introdução . . . . .	34
3.14	Vórtices . . . . .	35
3.15	Definição de Calor, Temperatura e Trabalho . . . . .	36
3.16	Máquinas Térmicas . . . . .	36
3.17	Primeira Lei da Termodinâmica . . . . .	36
3.18	Eficiência das Máquinas Térmicas . . . . .	37
3.19	Segunda Lei da Termodinâmica . . . . .	37
3.20	Máquinas operando em Ciclos . . . . .	37
3.21	Ciclo de Carnot . . . . .	38
3.22	Modelização . . . . .	38
3.23	Anexos . . . . .	39
3.24	Avaliação . . . . .	41
3.24.1	Ensino Médio (2 <sup>a</sup> Série) . . . . .	41
3.24.1.1	Introdução . . . . .	42
3.24.1.2	Inserções das Atividades . . . . .	42
3.24.1.3	Avaliação da Aplicação . . . . .	43
3.24.2	Ensino Superior (PIBID) . . . . .	43
3.24.2.1	Introdução . . . . .	43
3.24.2.2	Inserções das Atividades . . . . .	44
3.24.2.3	Avaliação da Aplicação . . . . .	45

# 1 Proposta Didática

## 1.1 Introdução e Justificativa

O ensino da Física deve acarretar na 'formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender e participar da realidade, permitindo que os jovens que não venham mais a ter contato escolar com a Física, terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem. ' [1] O estudo sobre fenômenos climáticos é importante para possibilitar aos alunos uma maior compreensão do mundo. O estudo, especificamente sobre furacões<sup>1</sup>, traz uma melhor ideia de como ocorre a formação e o desenvolvimento de tais fenômenos. Fenômenos climáticos já são estudados em disciplinas como Geografia e Ciências (no ensino fundamental), nossa ideia é trazer uma abordagem diferente para tal tema, de um ponto de vista físico, explicando os processos envolvidos, desde a formação até a dissipação de tal fenômeno. Uma vez que tal tipo de fenômeno climático é bastante divulgado pela mídia, e já ocorreu em regiões próximas, é importante que os alunos tenham conhecimento das causas que levam ao surgimento desses eventos. Assim, caso os alunos vivenciem a ocorrência de furacões<sup>1</sup> ou ciclones, poderão fazer uso do conhecimento científico adquirido através deste projeto. Além de adquirir maior compreensão sobre termos utilizados em larga escala em previsões do tempo, reportagens, etc. difundidos pela mídia. <sup>1</sup>

## 1.2 Problemática/Temática de Interesse

O desenvolvimento do projeto será dado com o objetivo de, ao fim de sua aplicação, os alunos serem capazes de responder a seguinte pergunta:

*Por que ocorrem mais furacões em determinadas regiões do mundo?*

Para responder a pergunta, será feito um estudo sobre dinâmica dos fluidos e também do ciclo de Carnot, a fim de entender como funciona o furacão em termos de energia. Ao final do projeto, os alunos serão capazes de analisar dados relativos ao fenômeno (velocidade dos ventos, pressão, quantidade de chuva, temperaturas), compreender a formação e funcionamento dos furacões, e então serem capazes de tomar decisões baseadas nos conhecimentos científicos adquiridos.

---

<sup>1</sup> Por Furacões, referimo-nos também aos fenômenos de mesmas características que recebem diferentes nomes de acordo com o local de ocorrência

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

Compreender, através do modelo explicativo adotado, com as devidas adaptações, os fatores que contribuem para a maior ocorrência de furacões<sup>1</sup> em determinadas regiões do globo terrestre.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Construir um modelo explicativo que associe conceitos físicos com um contexto prático de como ocorre a formação de um furacão e sua dissipação;
- Fazer aproximações matemáticas e simulações a fim de estimar parâmetros tais como temperatura, pressão, etc.

## 1.4 Modelização

Emanuel(1991), idealizou a aproximação de um vórtice simétrico, nesse caso um furacão, a um ciclo de Carnot. Assim, o furacão pode ser idealizado como uma instabilidade da superfície trocadora de calor induzida pelo vento, ou seja, quanto maior o vento superficial maior será a transferência de calor a partir do mar, o que intensifica os ventos de tempestades. Da mesma forma que um motor de Carnot, transforma o calor extraído dos oceanos em energia mecânica. A Figura 1 mostra como é feita a aproximação.

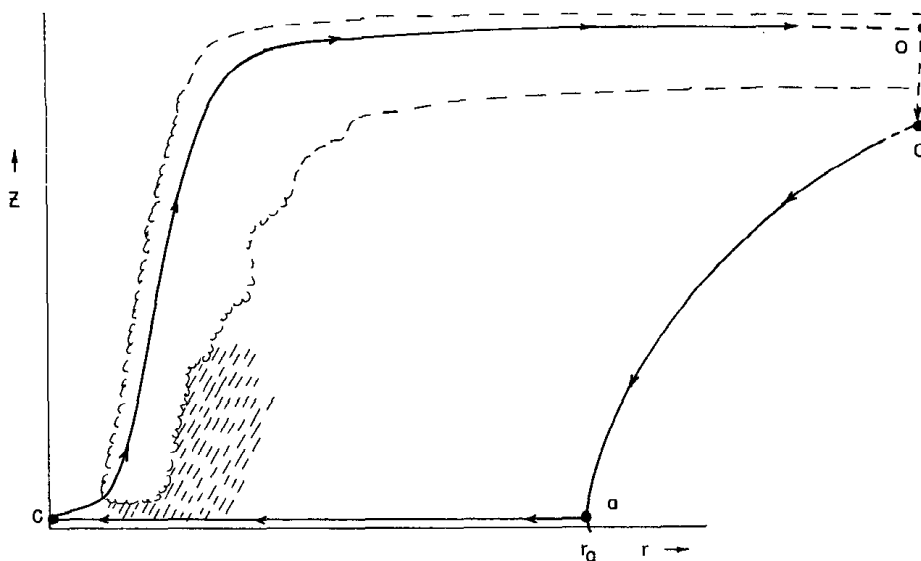


Figura 1 – Aproximação de um vórtice simétrico pelo Ciclo de Carnot.

(Fonte: Emanuel, A. Kerry. The theory of hurricanes, 1991. p. 181)

Ao ir do ponto *a* ao ponto *c*, o ar vai em direção ao centro da tempestade, adquirindo entropia da superfície do oceano a uma temperatura fixa. A partir do ponto *c* o ar sobe adiabaticamente até aproximadamente o topo da tempestade, com normalmente um raio muito amplo, no ponto *o*. Se o fluido deste sistema for o vapor d'água, esta parte do ciclo será reversível e adiabática. O excesso de entropia é perdido através de exportação ou radiação eletromagnética em uma temperatura  $T_0$ , mais baixa. Inicia-se então o encerramento do ciclo, que tem pouca contribuição termodinâmica. Esta hipótese permitiu a simplificação dos cálculos aplicados no início da resolução de diversos problemas. A Figura 2 mostra resultados obtidos através de cálculos por Emanuel (1986). Ele mostra as regiões de grandes tempestades, a partir das chamadas mínimas pressões centrais.

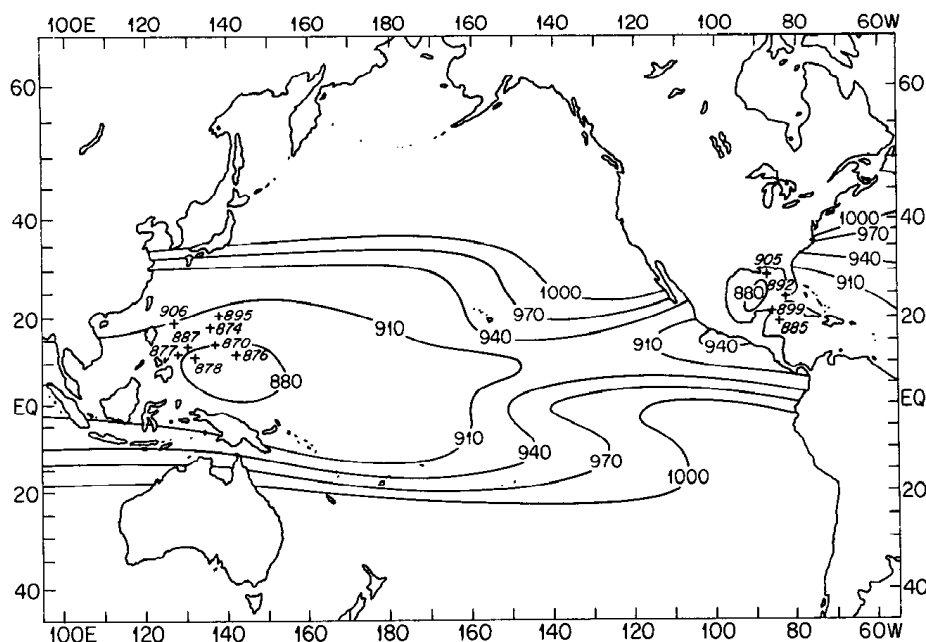


Figura 2 – Gráfico que indica os valores das mínimas pressões centrais de cada região do globo.

(Fonte: Emanuel, A. Kerry. An air-sea interaction theory for tropical cyclones - Part I, 1986. p. 592)

Regiões como América Central e regiões próximas ao Japão e à Indonésia estão sinalizadas no gráfico como os locais de menor pressão central e, conseqüentemente os locais com maior tendência à ocorrência de furacões, o que condiz com a nossa realidade. Portanto, é demonstrado matematicamente e experimentalmente que estas duas grandezas são inversamente proporcionais, ou seja, quanto mais intensa for a tempestade, menor será a pressão central envolvida. Assim, a Figura 2 mostra a importância de se calcular a pressão central, para que se definam as áreas mais propensas à ocorrência do fenômeno. A mínima pressão central pode ser escrita em função da temperatura da superfície do mar ( $T_s$ ) e da temperatura média de saída do ar na estratosfera ( $T_{out}$ ), como vemos na Figura

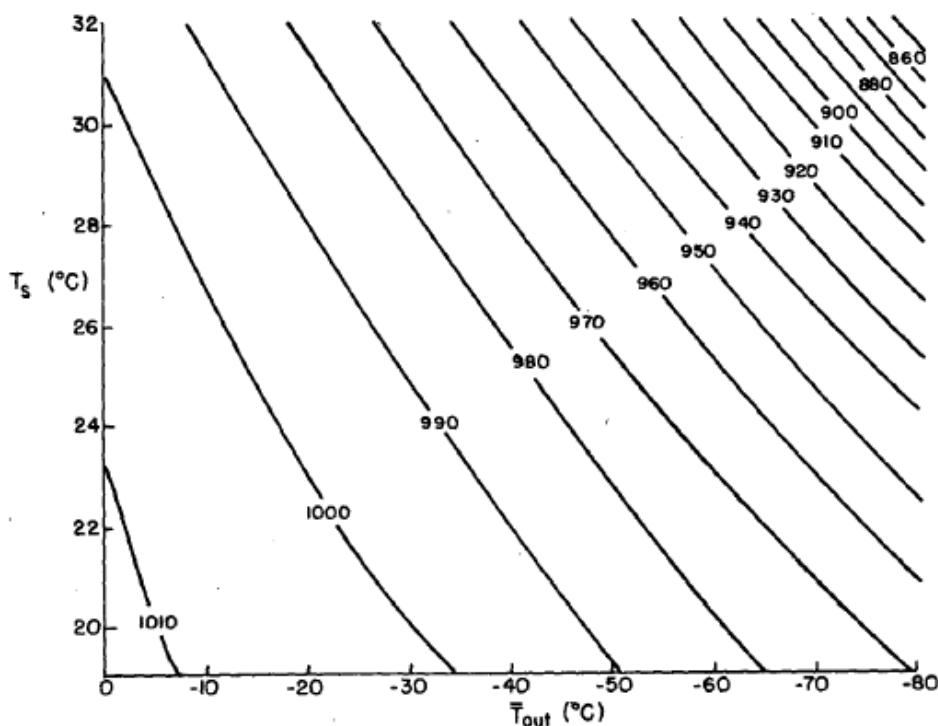


Figura 3 – Gráfico indicando mínima pressão em função de  $T_s$  (Temperatura da superfície) e  $T_{out}$  (Temperatura média de saída do ar na estratosfera).  
(Fonte: Emanuel, A. Kerry. The theory of hurricanes, 1991. p. 590)

3. As soluções apresentadas por este modelo de Emanuel (1991) mostram que ambas as temperaturas causam modificações na pressão central, porém a temperatura da superfície do ar se mostra mais sensível quando comparada à temperatura da estratosfera. É possível notar que a máxima intensidade potencial dos ciclones aumenta rapidamente quando a temperatura da superfície do ar está acima de aproximadamente 28°C e a temperatura média de saída do ar na estratosfera é cada vez mais baixa. A tese de Emanuel (1989) baseia-se no motivo da falta da ocorrência do fenômeno quando a temperatura da superfície do ar está abaixo de 26°C e a temperatura da estratosfera mais quente que -20°C. Segundo Kerry A. Emanuel, este fato ocorre já que nessa faixa de temperaturas há a falta da instabilidade entre oceano e a atmosfera, necessária para dar início ao processo de formação dos furacões.

## 1.5 Público Alvo

O projeto é direcionado a alunos das segunda e terceira séries do ensino médio, pelo fato de estes terem mais maturidade, capacidade de abstração e um maior embasamento teórico, assim como os conteúdos do projeto são os mesmos que geralmente são abordados nestas séries. Porém, como o projeto é autônomo, poderia também ser aplicado na primeira série, embora não seja o objetivo inicial.



## 1.6 Número de Aulas

Para a aplicação do projeto, são previstas 06 aulas, sendo planejadas da seguinte forma::

- 01 para introdução ao projeto, com a pergunta inicial e então o estudo sobre a formação dos furacões.
- 01 para o estudo dos vórtices livres e forçados, de acordo com a modelização adotada da forma do furacão.
- 01 para o estudo da primeira lei da termodinâmica
- 01 para estudo de máquinas térmicas.
- 01 para estudo da segunda lei da termodinâmica e do ciclo de Carnot, de acordo com o modelo explicativo adotado para as trocas de energia do fenômeno.
- 01 aula final para junção dos conteúdos estudados, trazendo os modelos explicativos e concluindo com a resposta à pergunta inicial.

## 1.7 Conteúdo Abordado

O conteúdo abordado para o desenvolvimento das ideias ao longo da aplicação do projeto será, basicamente, termodinâmica e mecânica dos fluidos. Iniciando-se com definições de vórtice livre e vórtice forçado, seguido da primeira lei da termodinâmica, máquinas térmicas, segunda lei da termodinâmica e o ciclo de Carnot, para esclarecimento da aproximação utilizada, e além disto, também abordaremos o processo de formação dos furacões.

### 1.7.1 Termodinâmica

#### 1.7.1.1 Primeira Lei da Termodinâmica

A primeira lei da termodinâmica é um princípio de conservação de energia, aplicada à termodinâmica, que torna possível prever o comportamento de um sistema gasoso ou qualquer outro processo onde a energia de um sistema é trocada com o meio externo em forma de calor. Ela é expressa matematicamente por:

$$Q = \tau + \Delta U, \quad (1.1)$$

onde  $Q$  é o calor trocado com o meio externo,  $\tau$  é o trabalho realizado pelo sistema, e  $\Delta U$  é a variação da energia interna. Outra forma bastante utilizada para expressar a primeira lei da termodinâmica é:

$$\Delta U = Q - \tau, \quad (1.2)$$

onde temos a variação da energia interna representada em função do calor recebido e trabalho realizado.

### 1.7.1.2 Segunda Lei da Termodinâmica

A segunda lei da termodinâmica trata da aplicação dos conceitos da conservação da energia, temos associados à ela dois importantes enunciados, o de Clausius, onde ele diz:

*"O calor não pode fluir, espontaneamente, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura maior."*

e o de Kelvin-Planck, que traz a seguinte colocação:

*"É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho."*

Isto implica que não pode existir uma máquina térmica com rendimento de 100%.

### 1.7.1.3 Máquina Térmica

Denomina-se Máquina Térmica um dispositivo que converte energia térmica (calor) em trabalho mecânico. A Figura 4 esquematiza o funcionamento de uma máquina térmica. A Máquina Térmica tem seu funcionamento dado entre processos que ocorrem entre uma

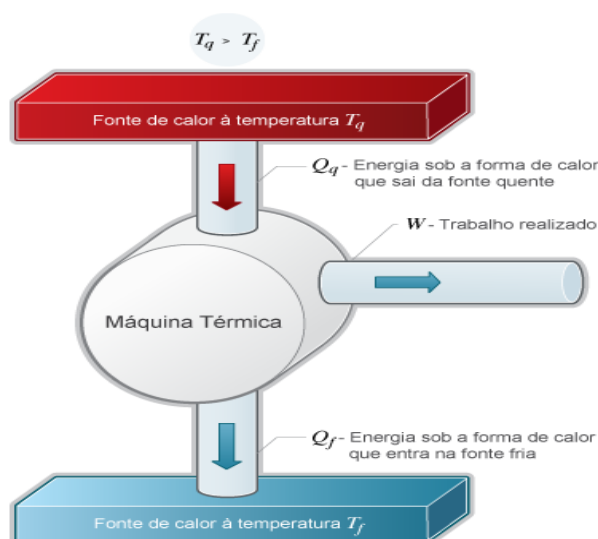


Figura 4 – Esquematização do funcionamento de uma máquina térmica.

(Fonte: Ebah: Máquinas Térmicas. Disponível em: <[http://www.ebah.com.br/content/ABAAABY\\_0AE/maquinas-termicas-fisico-quimica](http://www.ebah.com.br/content/ABAAABY_0AE/maquinas-termicas-fisico-quimica)>. Acesso em: 22/09/2016.)

fonte quente ( $T_q$ ) e uma fonte fria ( $T_f$ ), onde a máquina utiliza o calor vindo da fonte quente para realizar trabalho. Como, de acordo com a segunda lei da termodinâmica, nenhuma máquina térmica tem seu aproveitamento igual ou maior que 100%, apenas

parte do calor recebido é convertido em trabalho pela máquina, e o restante é cedido à fonte fria, portanto podemos definir o trabalho realizado pela máquina como:

$$\tau = Q_{Recebido} - Q_{Cedido}, \quad (1.3)$$

e o cálculo do rendimento, ou eficiência, é feito através de:

$$\varepsilon = \frac{\tau}{Q_{Recebido}}. \quad (1.4)$$

Ou seja, o trabalho realizado, dividido pelo total de energia fornecida à máquina.

#### 1.7.1.4 Ciclo de Carnot

O Ciclo de Carnot é um ciclo executado pela Máquina de Carnot, idealizada por Nicolas Léonard Sadi Carnot (físico francês), que funciona entre dois processos isotérmicos e dois processos adiabáticos alternados. O rendimento da máquina de Carnot é o máximo que uma máquina térmica trabalhando entre dadas temperaturas da fonte quente e da fonte fria pode ter. A Figura 5 nos traz os processos que compõem o Ciclo de Carnot. Numa máquina de Carnot, a quantidade de calor fornecida pela fonte quente ( $Q_{Recebido}$ ) e

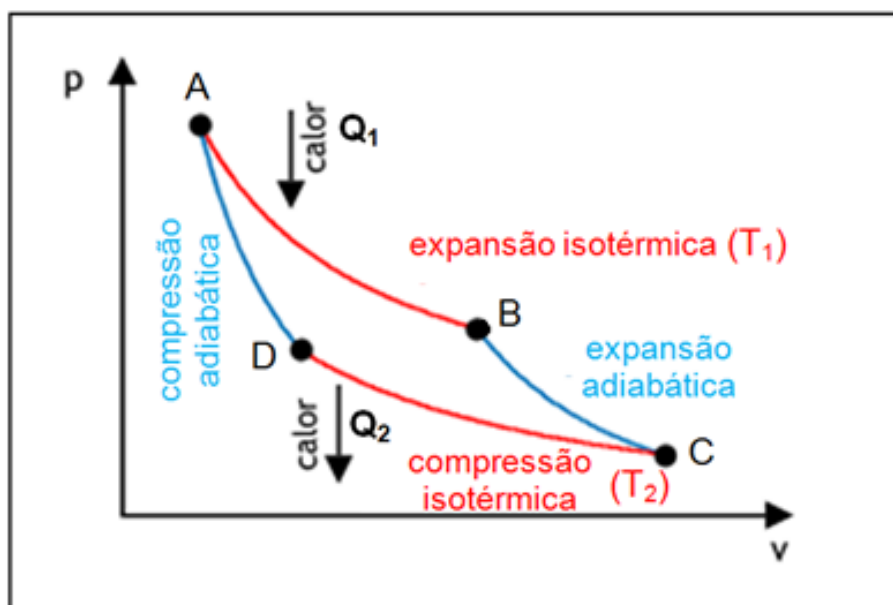


Figura 5 – Esquema de funcionamento de um Ciclo de Carnot.

(Fonte: MINHAS AULAS DE FÍSICA: Trabalho Termodinâmico. Disponível em: <<http://minhasaulasdefisica.blogspot.com.br/2016/01/trabalho-termodinamico.html>>. Acesso em: 22/09/2016.)

a quantidade cedida à fonte de resfriamento ( $Q_{Cedido}$ ) são proporcionais às temperaturas absolutas (dadas em Kelvin) das fontes:

$$\frac{Q_{Cedido}}{Q_{Recebido}} = \frac{T_f}{T_q} \quad (1.5)$$

Como o rendimento de uma máquina térmica é dada pelo trabalho  $\tau$ , e o trabalho é definido como  $\tau = Q_{Recebido} - Q_{Cedido}$ , temos que o rendimento de uma máquina de Carnot é:

$$\varepsilon = \frac{\tau}{Q_{Recebido}} = \frac{Q_{Recebido} - Q_{Cedido}}{Q_{Recebido}} = 1 - \frac{Q_{Cedido}}{Q_{Recebido}} \quad (1.6)$$

Como a razão entre o calor fornecido e o calor cedido é proporcional às temperaturas das fontes, temos que:

$$\varepsilon \equiv 1 - \frac{T_f}{T_q} \quad (1.7)$$

## 1.7.2 Mecânica dos Fluidos

### 1.7.2.1 Vórtices Livres

Um **vórtice livre** é caracterizado pela nulidade da rotação, e pela circulação constante para qualquer distância  $r$  a partir da origem (**fluxo irrotacional**). A velocidade tangencial diminui com a distância ao vórtice; as linhas de corrente se afastam à medida que aumenta essa distância. Isto ocorre, por exemplo, em regiões **distantes** ao olho de um furacão. Nessa regiões, que são muito extensas, os efeitos da viscosidade do fluido são sempre desprezíveis, e tensões de cisalhamento não podem aparecer. Um objeto mergulhado em um vórtice livre **não** sofre ação de **nenhum torque**, movendo-se em movimento circular em torno da origem.

### 1.7.2.2 Vórtices Forçados

Um **vórtice forçado**, ao contrário, tem rotação constante e a circulação aumenta com a distância a partir da origem (**rotação de corpo rígido**). A velocidade tangencial aumenta com a distância ao vórtice; as linhas de corrente se aproximam à medida que aumenta essa distância. Este fenômeno ocorre, por exemplo, em regiões **próximas** ao olho de um furacão. Um objeto mergulhado em um vórtice forçado sofre ação de um torque ao mesmo tempo que gira em torno da origem. Nas proximidades desta, no entanto, a ação do fluxo sobre um objeto ali colocado é fraca.

### 1.7.2.3 Caracterização de um Furacão

Podemos pensar então, no furacão, como uma junção destes dois fenômenos, pois, à **grandes distâncias** da origem, ele se comporta como um **vórtice livre**, e à **pequenas distâncias** da origem, se comporta como um **vórtice forçado**.

## 1.7.3 Formação dos Furacões

É dado o início da formação de um furacão com a evaporação da água da superfície dos oceanos, formando vapor de água e favorecendo a formação de nuvens de tempestade

do tipo **cumulonimbus**. Conforme as correntes de ar quente ascendente se fortalecem, as nuvens de tempestade absorvem cada vez mais ar quente e úmido. Carregadas de umidade, estas nuvens se juntam e formam um sistema de baixa pressão atmosférica. São grandes redemoinhos que começam a girar e ganhar velocidade de rotação sobre os oceanos. A evolução destes sistemas, até se tornarem um furacão, é dada pelas seguintes etapas:

- Depressão Tropical, quando os ventos chegam até uma velocidade de 50 km/h.
- Tempestade Tropical, com ventos de até 119 km/h.
- Furacão, quando a velocidade dos ventos ultrapassam 119 km/h. E a partir daí, o furacão é classificado de acordo com a velocidade dos ventos:
  - F1: Ventos de 119 a 153 *km/h*
  - F2: Ventos de 154 a 177 *km/h*
  - F3: Ventos de 178 a 210 *km/h*
  - F4: Ventos de 211 a 249 *km/h*
  - F5: Ventos acima de 249 *km/h*

Num furacão, as correntes de ar quente ascendentes sopram nas paredes das nuvens **cumulonimbus** em torno do olho do furacão. Na alta superfície, os ventos sopram em direção ao centro da tempestade, e dentro do olho do furacão, as correntes de vento sopram de cima para baixo, fazendo com que esta área seja mais estável.

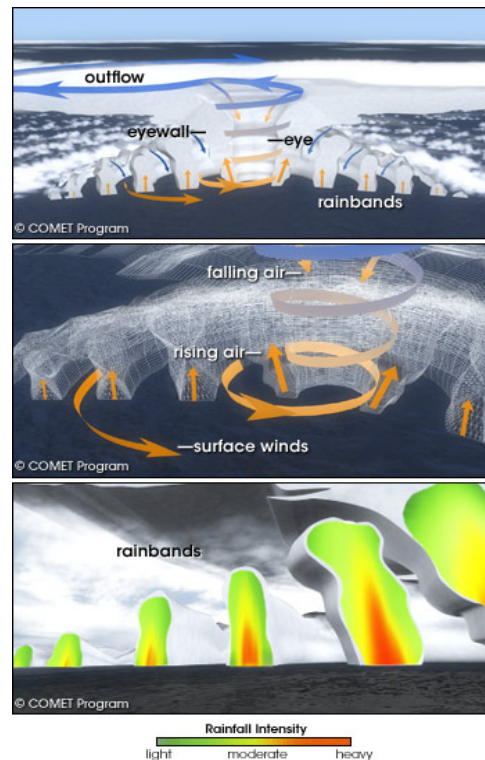


Figura 6 – Estrutura de um Furacão. (Fonte: NASA: Hurricanes: The Greatest Storms on Earth. Disponível em: <[www.earthobservatory.nasa.gov/Features/Hurricanes/](http://www.earthobservatory.nasa.gov/Features/Hurricanes/)>. Acesso em: 05/10/2016.)

## 1.8 Quadro Sintético das Aulas

Aula	Conteúdo	Metodologia	Material Didático
01	Formação dos Furacões	Sistematização do conteúdo com o auxílio de recursos audiovisuais.	Projektor.
02	Vórtices Livres e Forçados	Sistematização do conteúdo, utilização de representações gráficas.	Gráficos e projetor.
03	Primeira Lei	Sistematização do conteúdo através de introdução histórica.	Texto.
04	Máquinas Térmicas	Sistematização do conteúdo, simulação computacional, imagens.	Computador, Projektor.
05	Segunda Lei e Ciclo de Carnot	Sistematização do conteúdo, utilização de representações gráficas.	Projektor.
06	Organização Final das Ideias	Junção dos conceitos estudados nas aulas anteriores para a montagem do modelo explicativo que responderá a pergunta inicial. Utilização de recursos audiovisuais, textos e artigos.	Projektor, computador e texto.

## 1.9 Referências

- [1] PCN+ - Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Física.
- [2] NASA: Hurricanes: The Greatest Storms on Earth. Disponível em: <[www.earthobservatory.nasa.gov](http://www.earthobservatory.nasa.gov)>. Acesso em: 05/10/2016.
- [3] Só Física: 2ª Lei da Termodinâmica. Disponível em: <[www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia)>. Acesso em: 22/09/2016.
- [4] Só Física: 1ª Lei da Termodinâmica. Disponível em: <[www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia](http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia)>. Acesso em: 22/09/2016.
- [5] ClimaTempo: Como se forma um furacão? Disponível em: <[www.climatempo.com.br/noticiacom-se-forma-um-furacao-](http://www.climatempo.com.br/noticiacom-se-forma-um-furacao-)>. Acesso em: 05/09/2016
- [6] EMANUEL, K. A. The Theory of Hurricanes. Ann. Rev. Fluid Mech. 1991, 23: 179-96.
- [7] MARDEGAN, J. G. LÓPEZ, J. I. H. Estudo e Modelagem de um Vórtice Simétrico. Universidade Presbiteriana Mackenzie.

## 2 Descrição dos Planos de Aula

### 2.1 Aula 1

#### Introdução ao Projeto

##### Objetivos de Ensino:

- Introduzir o estudo dos furacões do ponto de vista fenomenológico.
- Problematicar quanto a maior ocorrência de furacões em determinadas regiões do mundo.

##### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender a importância do estudo dos furacões através da exibição do vídeo.
- Relacionar o acontecimento do fenômeno (furacão) às condições necessárias para a formação e desenvolvimento do mesmo.

**Primeiro Momento:** Introdução.

**Tempo Previsto:** 20 minutos.

**Dinâmica:** Introduzir brevemente o tema do projeto, dizendo que serão estudados os furacões, e então comentar sobre o furacão Catarina (2004), perguntando o que os alunos lembram sobre este ocorrido. Em seguida, passar o documentário “Aquilo era um furacão: Catarina 10 anos - 2004/2014” (ClimaTempo). Após a exibição do vídeo, iniciar uma discussão sobre o fenômeno, perguntando aos alunos quais termos eles não conhecem. Chamar a atenção para a fala da jornalista (sobre a decisão da mídia de não informar diretamente a população sobre o fenômeno com a intenção de não gerar pânico). Discutir sobre a hesitação dos meteorologistas em classificar o Catarina como um furacão, e os motivos para isso.

**Segundo Momento:** Sistematização do Conteúdo e Problematicação.

**Tempo Previsto:** 25 minutos.

**Dinâmica:** Definir furacão, tufão, ciclone e tornado, diferenciando-os.

Explicar o processo de formação dos furacões, listar as condições necessárias para a formação dos furacões: diferença de temperatura, pressão central e temperatura mínima da superfície do mar. (Condições para o desequilíbrio). Mostrar a tabela de ocorrência de furacões em várias regiões do globo, entre 1990 e 2004, e fazer um paralelo entre nossa região (Atlântico sul) e as regiões com maior ocorrência. Lançar então a pergunta central do projeto: “Por que ocorrem mais furacões em determinadas regiões do mundo?”.



Comentar então o que será abordado a fim de responder essa pergunta e como será o desenvolvimento das aulas seguintes.

**Avaliação:** A avaliação será feita a partir das respostas às perguntas feitas durante a aula, assim como o desempenho nas atividades realizadas, mesclando avaliação diagnóstica e formativa.

**Referências:** Aquilo era um furacão: Catarina 10 anos - 2004/2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=pZ2Tn4qljws>>. Acesso em: 07/10/2016

## 2.2 Aula 2

### Vórtice Livre e Vórtice Forçado: Como se Comporta um Furacão?

#### Objetivos de Ensino:

- Mostrar que a ciência trabalha com modelos, representações, e esses não são fixos, estagnados.
- Caracterizar vórtices livres e vórtices forçados.
- Descrever o comportamento de um furacão de acordo com as definições de vórtice.

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Distinguir vórtice livre de vórtice forçado, de acordo com as características dos fenômenos dados como exemplo.
- Compreender que a ciência trabalha com representações da natureza, e não a natureza em si.

**Primeiro Momento:** Atividade de Modelização.

**Tempo Previsto:** 15 minutos.

**Dinâmica:** Iniciar falando que a ciência trabalha com modelos, representações. Explicar que esses modelos evoluem, utilizando o exemplo dos modelos heliocêntrico e geocêntrico. Depois dessa introdução, mostrar para a turma uma caixa preta, e perguntar aos alunos como ela funciona. Depois que os alunos explicarem seus modelos, mostrar o modelo da caixa aberta no centro, e perguntar então como essa segunda funciona. Após a nova explicação dos estudantes, comentar que o que eles acabaram de fazer é uma modelização, assim como fazem os cientistas. Observar e descrever um fenômeno é uma forma de criar um modelo, que pode servir perfeitamente para determinada situação, mas pode ser necessário uma melhora nesse modelo para outras situações.

**Segundo Momento:** Definição.

**Tempo Previsto:** 15 minutos.

**Dinâmica:** Definir vórtice livre e vórtice forçado, pontuando as principais diferenças entre eles, do ponto de vista da velocidade angular e tangencial conforme varia-se o raio do vórtice. (Conforme a seção 1.7.2 da unidade de ensino).

**Terceiro Momento:** Sistematização do Conteúdo.

**Tempo Previsto:** 10 minutos.

**Dinâmica:** Trazer a ideia de que podemos aproximar, satisfatoriamente, um furacão por um vórtice, e classificá-lo de acordo com os conceitos apresentados até então. Mostrar que

a região central do furacão pode ser considerada um vórtice forçado e a região externa um vórtice livre.

**Avaliação:** A avaliação será feita a partir das respostas às perguntas feitas durante a aula, assim como o desempenho nas atividades realizadas, mesclando avaliação diagnóstica e formativa.

**Referências:** Instrumentação Básica - PROMINP: Artigo Teórico. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/insistemasbr/home/artigo>> Acesso em: 06 de Outubro de 2016.

## 2.3 Aula 3

### Primeira Lei da Termodinâmica

#### Objetivos de Ensino:

- Contextualizar o desenvolvimento da Termodinâmica com a Revolução Industrial.
- Definir a 1ª Lei da Termodinâmica.

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender a relação entre o contexto da Revolução Industrial e o desenvolvimento do conhecimento científico (Termodinâmica).
- Visualizar a 1ª Lei da Termodinâmica como uma lei de conservação da energia.

**Primeiro Momento:** Introdução histórica.

**Tempo Previsto:** 20 minutos.

**Dinâmica:** Iniciar a aula distribuindo o texto (ANEXO) para a turma. Fazer a leitura compartilhada, ou seja, cada aluno lê uma parte em voz alta. Após a leitura, será feita uma discussão sobre o texto, levando em conta principalmente o contexto histórico, nesse caso, a Revolução Industrial, e sua relação com o desenvolvimento da Termodinâmica. Nessa discussão, serão feitas perguntas relativas aos termos que os alunos desconhecem, e também perguntar o que os alunos já estudaram sobre a Revolução Industrial em outras disciplinas, História e Geografia por exemplo.

**Segundo Momento:** Sistematização do conteúdo.

**Tempo Previsto:** 25 minutos.

**Dinâmica:** Definir a 1ª Lei da Termodinâmica, frisando que trata-se de uma lei de conservação da energia.

$$Q = W - \Delta U \quad (2.1)$$

**Avaliação:** A avaliação será feita a partir das respostas às perguntas feitas durante a aula, assim como o desempenho nas atividades realizadas, mesclando avaliação diagnóstica e formativa.

**Referências:** HORNES, A. SILVA, S. C. R. PINHEIRO, N. A. M. Uma Atividade Histórico-Crítica da Evolução Científica, Tecnológica e Social no Estudo da Termodinâmica. XVIII Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF). 2009.

## ANEXO I

Trecho do texto: "Uma atividade histórico-crítica a evolução científica, tecnológica e social no estudo da Termodinâmica"

Toda a evolução da ciência possui um marco histórico que relaciona as descobertas científicas com o seu período. É possível fazer uma análise também das implicações e questionamentos gerados na sociedade. Assim, cada período da história da humanidade pode ser alvo de reflexões históricas, científicas, tecnológicas e sociais, ao mesmo tempo. Segundo Gallo (2008), na busca pela interpretação da realidade, o ser humano construiu todo o conhecimento atual. No início, a ciência era estudada pela Filosofia, mas a necessidade de conhecer cada vez mais todos os fenômenos acerca da nossa existência, novos ramos foram sendo originados, criando assim as especializações que compreendem a produção do saber através da racionalidade analítica, que opera pela divisão do campo em sub-campos menores.

Dessa forma, houve uma fragmentação nas diferentes áreas científicas e hoje é necessário uma comunicação entre as ciências para romper as barreiras que foram construídas e assim, explicar os fenômenos como um todo. Com base nessas idéias podemos reafirmar a importância de se trabalhar a ciência em seu contexto histórico.

Sendo assim, podemos estabelecer relações históricas existentes no estudo da Termodinâmica, que por sua vez, teve seu desenvolvimento a partir das máquinas a vapor, e estas, surgiram como instrumentos facilitadores do trabalho humano. Historicamente, o período referente aos séculos XVIII e XIX correspondem, segundo Rocha (2002), a uma fase de profundas mudanças sociais e econômicas, na Europa, concretizadas com o estabelecimento do modo de produção capitalista.

Para Abrantes (1989), a consolidação do capitalismo, na segunda metade do século XVIII, incorporou as máquinas a vapor à indústria, modificando os modos de produção de bens, contribuindo assim para grandes transformações sociais e tecnológicas. Essa primeira revolução industrial se fez mais com conhecimento técnico do que científico.

Surge nesse momento, a necessidade de criar novas técnicas de trabalho para facilitar e acelerar a produção, o que não se podia obter pelo modo artesanal. Segundo Chassot (2004), a indústria pôde surgir e crescer devido aos avanços científicos, ao mesmo tempo ensejou que a ciência pudesse crescer ainda mais, pois possibilitou facilidade que a artesanaria não permitiria.

Tais concepções marcaram uma nova era no ramo produtivo através da chamada Revolução Industrial. Segundo Rocha (2002), as inovações tecnológicas tiveram um papel fundamental para o estabelecimento e êxito do que se chamou Revolução Industrial, destacadamente a, máquina a vapor, na medida em que essa se tornou o ponto de partida para o bom êxito da indústria pesada, assim como para a evolução dos meios de transporte.

Nesse contexto social e econômico a Termodinâmica toma seu rumo. Na busca pelo entendimento da ciência do calor e de formas para melhorar o rendimento das máquinas térmicas, técnicos e cientistas se unem. Através das pesquisas, estudos, testes e aplicações são estabelecidas as leis da Termodinâmica e definições importantes são pontuadas,

como a do calor, que passa a ser entendido como uma forma de energia, capaz de se transformar em energia mecânica, ou seja, em movimento.

Para movimentar as máquinas, que substituem a força muscular, começa-se a aproveitar as forças naturais (ventos, correntes de água) e as artificiais (vapor, eletricidade). (CHASSOT, 2004, p. 184)

Logo, a grande revolução ocorreu com o advento da máquina a vapor. Com essa invenção aconteceu talvez a mais decisiva interferência da ciência na indústria, e pode-se afirmar que o conceito de energia passou, então, a ser o elemento unificador nos relacionamentos entre ciência e indústria. (CHASSOT, 2004, p. 185) Como resposta à incorporação da ciência ao sistema fabril, o homem passa a ser acessório dessas máquinas, passa a ser o seu operador. E assim, o trabalho do velho artesão que dominava as técnicas de seu ofício foi substituído pelo trabalho rápido, especializado e fragmentado, de modo que não sobrou ao trabalhador sequer o tempo para a educação, porque foi transformada em força de trabalho.

Contudo, a complexidade do sistema industrial começou a exigir mais compreensão, e conseqüentemente, começou-se a investir na formação do trabalhador. É a noção de progresso que estará se formando aí: o caminho de ida sem volta e sem necessidade do passado.

Toda uma rede tecnológica vai ligando a ciência à modernidade industrial, um mundo novo está sendo construído pela intervenção e controle da natureza. E a palavra sinônima desse processo é ciência. Nesse contexto, “a educação era uma das bandeiras da nova ciência e uma das suas melhores formas de propaganda.” (ALFONSO-GODFARB, 1994, p. 47)

É possível perceber que poucas invenções tiveram maior influência na história dos tempos modernos que a da máquina a vapor. Ao contrário do que geralmente se pensa, não foi a causa inicial da Revolução Industrial, mas sim, em parte, efeito desta. O motor de James Watt, pelo menos, nunca se teria tornado realidade se não fosse a procura de uma fonte eficiente de energia para mover as pesadas máquinas já inventadas na indústria têxtil (BURNS, 2008) Ainda segundo Burns (2008), é indiscutível que o aperfeiçoamento da máquina a vapor promoveu um desenvolvimento mais rápido da industrialização. Deu uma nova importância à produção do carvão e do ferro; possibilitou uma revolução nos transportes; abriu oportunidades quase ilimitadas à aceleração das manufaturas, tornando as nações industrializadas as mais ricas e poderosas do mundo.

Antes do desenvolvimento da máquina a vapor, Burns (2008) coloca que as reservas de energia estavam à mercê das variações atmosféricas. Durante as secas, a baixa dos rios podia forçar os moinhos a restringir suas atividades ou mesmo a suspendê-las por completo. Os navios, nas travessias do oceano, atrasavam-se semanas inteiras por falta de vento. Com a máquina a vapor haveria um fornecimento constante de energia, que poderia ser aproveitada quando necessário. Não é, portanto, exagero afirmar que a invenção de Watt assinalou o começo da era da força motriz.

## 2.4 Aula 4

### Máquinas Térmicas

#### Objetivos de Ensino:

- Mostrar o desenvolvimento das máquinas térmicas.
- Explicar o funcionamento das máquinas térmicas.
- Definir matematicamente a eficiência das máquinas térmicas.

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Associar os modelos das máquinas térmicas com a época em que foram desenvolvidos.
- Compreender que o funcionamento das máquinas é baseado na conversão de calor em energia mecânica.
- Relacionar seus conhecimentos prévios sobre eficiência com a definição matemática.

**Primeiro Momento:** Abordagem Histórica.

**Tempo Previsto:** 10 minutos.

**Dinâmica:** Apresentar, através de imagens, a evolução das máquinas térmicas, descrevendo seu funcionamento e fim prático.

**Segundo Momento:** Sistematização do conteúdo.

**Tempo Previsto:** 15 minutos.

**Dinâmica:** Explicar o funcionamento de uma máquina térmica (conversão de energia térmica em energia mecânica), utilizando-se de desenhos e simulações. Mostrar, através da simulação, como ocorre essa transformação da energia térmica em energia mecânica. (Simulação PhET).

**Terceiro Momento:** Aplicação do conteúdo.

**Tempo Previsto:** 20 minutos.

**Dinâmica:** Perguntar aos alunos o que eles entendem por eficiência, e utilizar-se dos seus conhecimentos prévios para definir, matematicamente, eficiência.

$$E = \frac{W}{Q} \quad (2.2)$$

**Avaliação:** A avaliação será feita a partir das respostas às perguntas feitas durante a aula, assim como o desempenho nas atividades realizadas, mesclando avaliação diagnóstica e formativa.

**Referências:** Simulação conversão de energia. Disponível em:

<[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes)>. Acesso em: 03 de Outubro de 2016.



## 2.5 Aula 5

### Segunda Lei da Termodinâmica e O Ciclo de Carnot

#### Objetivos de Ensino:

- Conceituar a Segunda Lei da Termodinâmica. Definir os processos do Ciclo de Carnot.

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender a Segunda Lei da Termodinâmica como consequência da Primeira. Identificar o Ciclo de Carnot e seus processos como idealizações de um caso específico de um ciclo de uma máquina térmica.

**Primeiro Momento:** Introdução à Segunda Lei da Termodinâmica.

**Tempo previsto:** 20 minutos.

**Dinâmica:** Através da ideia de conservação de energia, definiremos a segunda lei da termodinâmica de forma expositiva, falando sobre a eficiência máxima que uma máquina térmica pode ter.

*"Nenhum processo é possível onde o único resultado é a absorção de calor de um reservatório e sua conversão completa em trabalho."*

**Segundo Momento:** Introdução aos ciclos termodinâmicos.

**Tempo previsto:** 25 minutos.

**Dinâmica:** Definir, rapidamente, ciclos termodinâmicos, e, posteriormente, mostrar o ciclo de Carnot como caso específico onde a eficiência máxima de uma máquina térmica operando em ciclos é dada quando esta opera num ciclo de Carnot. Conforme seção 1.7.1 da unidade de ensino.

**Avaliação:** A avaliação será feita a partir das respostas às perguntas feitas durante a aula, assim como o desempenho nas atividades realizadas, mesclando avaliação diagnóstica e formativa.

**Referências:** Só Física: Ciclo de Carnot. Disponível em:

<<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Termologia/Termodinamica/ciclodecarnot.php>>.

Acesso em: 03 de Outubro de 2016.

## 2.6 Aula 6

### Modelo Explicativo

#### Objetivos de Ensino:

- Mostrar que um furacão pode ser interpretado/idealizado como um ciclo de Carnot.
- Relacionar os processos que ocorrem no furacão (Figura 1) com os processos do ciclo de Carnot.

#### Objetivos de Aprendizagem:

- Compreender que o modelo apresentado é uma idealização, um modelo, e não a realidade.
- Relacionar o diagrama da Figura 1 com o diagrama do ciclo de Carnot.
- Identificar a pressão central central como um dos principais fatores no surgimento e evolução dos furacões, assim respondendo a pergunta inicial.

**Primeiro Momento:** Introdução à modelização.

**Tempo previsto:** 15 minutos.

**Dinâmica:** Apresentar o modelo explicativo adotado (aproximação por um vórtice simétrico). Recapitular o comportamento do furacão de acordo com os vórtices apresentados.

**Segundo Momento:** Aproximação ao Ciclo de Carnot.


**Tempo previsto:** 30 minutos.

**Dinâmica:** Neste momento será feita a aproximação do furacão com o ciclo de Carnot, mostrando os processos envolvidos, e, utilizando-se da Figura 1 (encontrada no Capítulo 1, seção 1.4), falaremos da relação com a pressão central, que responde a pergunta inicial do projeto.

**Avaliação:** A avaliação será feita a partir das respostas às perguntas feitas durante a aula, assim como o desempenho nas atividades realizadas, mesclando avaliação diagnóstica e formativa.

**Referências:** EMANUEL, K. A. - The Theory of Hurricanes. Ann. Rev. Fluid Mech. 1991, 23: 179-96.

## 3 Aplicação do Projeto Temático

Neste capítulo serão apresentados os planos utilizados para as aplicações do projeto temático, e também a avaliação da aplicação, feita através da análise da gravação do projeto aplicado. 

### 3.1 Planos para Aplicação

#### Plano de Aula N° 1

Alunos: Edson Vaz Lopes  
Tulio Meneghelli de Oliveira  
Vinícius Wiggers

Escola de Educação Básica Professora Jandira D'Ávila

Série: 2ª Turma: 01 e 02

Aula N° 01 Data: 27/04/17 Duração: 135 minutos.

Por que ocorrem mais furacões em determinadas regiões do mundo?

#### Objetivo Geral

Compreender, através do modelo explicativo adotado, com as devidas adaptações, os fatores que contribuem para a maior ocorrência de furacões em determinadas regiões do globo terrestre.

### 3.2 Introdução

Tempo Previsto: 30 min.

Objetivo Específico:

- Problematizar sobre os fatores que favorecem a maior ocorrência de furacões em determinadas regiões do mundo.
- Definir ciclone tropical
- Explicar como se dá o processo de formação dos furacões

**Primeiro Momento:** Introdução e Problematização.

**Dinâmica:** Introduzir brevemente o tema do projeto, dizendo que serão estudados os furacões, e então comentar sobre o furacão Catarina (2004), perguntando o que os alunos lembram sobre este ocorrido. Em seguida, passar o documentário “Aquilo era um furacão: Catarina 10 anos - 2004/2014” [Anexo 1] (ClimaTempo). Após a exibição do vídeo, chamar a atenção para a fala da jornalista (sobre a decisão da mídia de não informar diretamente a população sobre o fenômeno com a intenção de não gerar pânico). Discutir sobre a hesitação dos meteorologistas em classificar o Catarina como um furacão, e os motivos para isso. Mostrar informações e imagens do Furacão Catarina e os estragos causados por ele. Iniciar uma discussão sobre o fenômeno, e lançar então a pergunta central do projeto “Por que ocorrem mais furacões em determinadas regiões do mundo?”.

**Segundo Momento:** Definições e nomenclaturas.

**Dinâmica:** Definir ciclone tropical. Explicar o processo de formação dos furacões, listar as condições necessárias para a formação dos furacões: diferença de temperatura, pressão central e temperatura mínima da superfície do mar. (Condições para o desequilíbrio). Expor a escala Saffir-Simpson aos alunos, para terem ideia de como se faz a classificação dos furacões em termos da velocidade dos ventos do mesmo. Utilizar a animação em flash [2] para os alunos verem os efeitos causados por este fenômeno. Indicar quais nomes o fenômeno recebe em cada região do mundo. Mostrar a tabela de ocorrência de furacões em várias regiões do globo, entre 1990 e 2004, e fazer um paralelo entre nossa região (Atlântico sul) e as regiões com maior ocorrência.

### 3.3 Vórtices

**Tempo Previsto:** 5 min.

**Objetivo Específico:** Caracterizar vórtices livres e vórtices forçados.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Definir vórtice livre e vórtice forçado, diferenciando-os e pontuando quais partes do furacão comportam-se de acordo com essas definições. Exemplificar vórtice livre e vórtice forçado.

### 3.4 Definição de Calor, Temperatura e Trabalho

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir Calor, Temperatura e Trabalho, afim de utilizar tais conceitos na sequência do projeto.

**Primeiro Momento:** Conceitualização.

**Dinâmica:** Como são conceitos já vistos (nas turmas aplicadas), perguntar aos alunos o que lembram quando pensam em cada uma das palavras, com o intuito de induzi-los a recordar do que já foi visto em sala.

### 3.5 Máquinas Térmicas

**Tempo Previsto:** 15 min.

**Objetivo Específico:** Mostrar o desenvolvimento das máquinas térmicas e explicar o funcionamento das mesmas.

**Primeiro Momento:** Abordagem Histórica.

**Dinâmica:** Apresentar, através de imagens, a evolução das máquinas térmicas, descrevendo seu fim prático.

**Segundo Momento:** Sistematização do conteúdo.

**Dinâmica:** Explicar o funcionamento de uma máquina térmica (conversão de energia térmica em energia mecânica), utilizando-se de desenhos e simulação/experimento. Mostrar, através da simulação/experimento, como ocorre essa transformação da energia térmica em energia mecânica (Simulação PhET) [3].

### 3.6 Primeira Lei da Termodinâmica

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir a 1ª Lei da Termodinâmica.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Definir a 1ª Lei da Termodinâmica, mostrando aos alunos seu enunciado e a equação, frisando que trata-se de uma lei de conservação da energia.

### 3.7 Eficiência das Máquinas Térmicas

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir eficiência das máquinas térmicas.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Perguntar aos alunos o que eles entendem por eficiência, e utilizar-se dos seus conhecimentos prévios para definir, matematicamente, eficiência.

### 3.8 Segunda Lei da Termodinâmica

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Conceituar a Segunda Lei da Termodinâmica.

**Dinâmica:** Através da ideia de conservação de energia, definiremos a segunda lei da termodinâmica de forma expositiva, falando sobre a eficiência máxima que uma máquina térmica pode ter. O enunciado utilizado aqui será:

*"Nenhum processo é possível onde o único resultado é a absorção de calor de um reservatório e sua conversão completa em trabalho."*

### 3.9 Máquinas operando em Ciclos

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir o que é ciclo termodinâmico e exemplificá-lo através do motor a combustão interna.

**Primeiro Momento:** Exemplificação.

**Dinâmica:** Dizer aos alunos que máquinas térmicas operam no que chamamos de *ciclos*, e como exemplo podemos citar o ciclo Otto utilizado no motor a combustão interna (motor de carro).

**Segundo Momento:** Sistematização.

**Dinâmica:** Passar um vídeo [4]mostrando cada etapa do funcionamento de um motor a combustão interna, frisando que trata-se de um processo cíclico, e todas as máquinas térmicas operam dentro de um determinado ciclo.

### 3.10 Ciclo de Carnot

**Tempo Previsto:** 15 min.

**Objetivo Específico:** Definir os processos do Ciclo de Carnot.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Mostrar o ciclo de Carnot como caso específico onde a eficiência máxima de uma máquina térmica operando em ciclos é dada quando esta opera num ciclo de Carnot. Explicar cada etapa do ciclo, frisando que é algo ideal, não é algo utilizado no dia a dia como o ciclo Otto, Diesel, etc. Conforme seção 1.7.1 da Unidade de Ensino.

**Segundo Momento:** Sistematização.

**Dinâmica:** Passar um vídeo aos alunos [5], onde é mostrado detalhadamente cada etapa do ciclo de Carnot, comparadas à expansão e compressão de um gás num cilindro por um pistão.

### 3.11 Modelização

**Tempo Previsto:** 30 min.

**Objetivo Específico:** Mostrar que um furacão pode ser interpretado/idealizado como um Ciclo de Carnot.

**Primeiro Momento:** Apresentação.

**Dinâmica:** Apresentar o modelo explicativo adotado (aproximação por um vórtice simétrico). Recapitular o comportamento do furacão de acordo com os vórtices apresentado. Posteriormente será feita a aproximação do furacão com o ciclo de Carnot, mostrando os processos envolvidos, e, utilizando-se da Figura 1 (encontrada no Capítulo 1, seção 1.4 da Unidade de Ensino), falaremos da relação com a pressão central, que responde a pergunta inicial do projeto.

## 3.12 Anexos

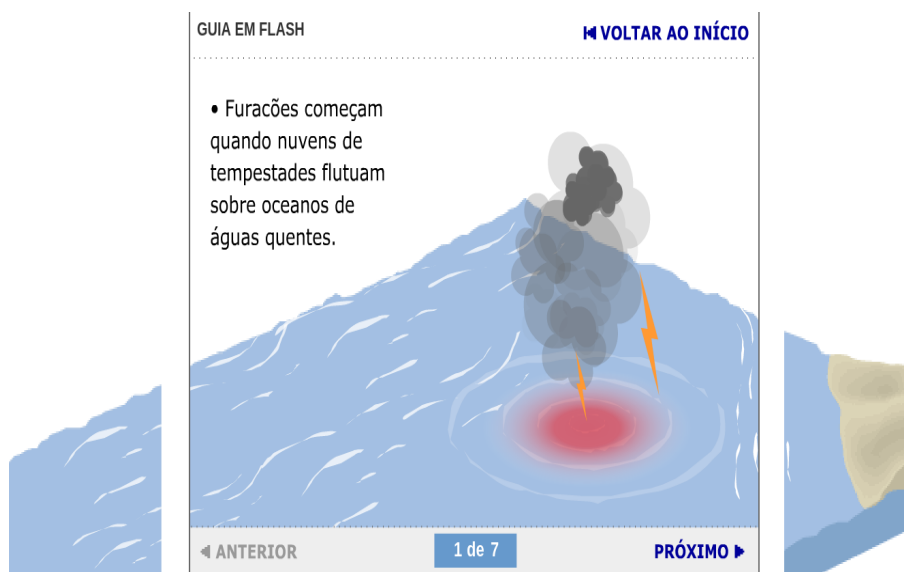
[1] Documentário: Furacão Catarina - 10 anos



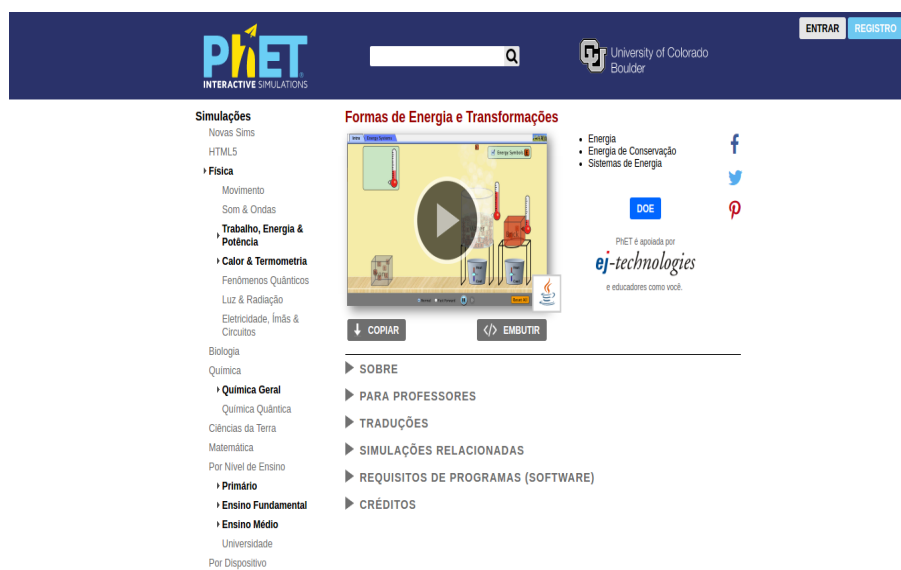
Figura 7 – Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=pZ2Tn4qljws>>



## [2] Animação em flash sobre formação de furacões e escala Safir-Simpson

Figura 8 – Fonte: <[http://www.apolo11.com/hurricane\\_por.swf](http://www.apolo11.com/hurricane_por.swf)>

## [3] Simulação sobre transformações de energia

Figura 9 – Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes)>

[4] Vídeo explicativo: motor a combustão interna



Figura 10 – Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=lPEgnnB-fCQ>>

[5] Vídeo explicativo: ciclo de Carnot

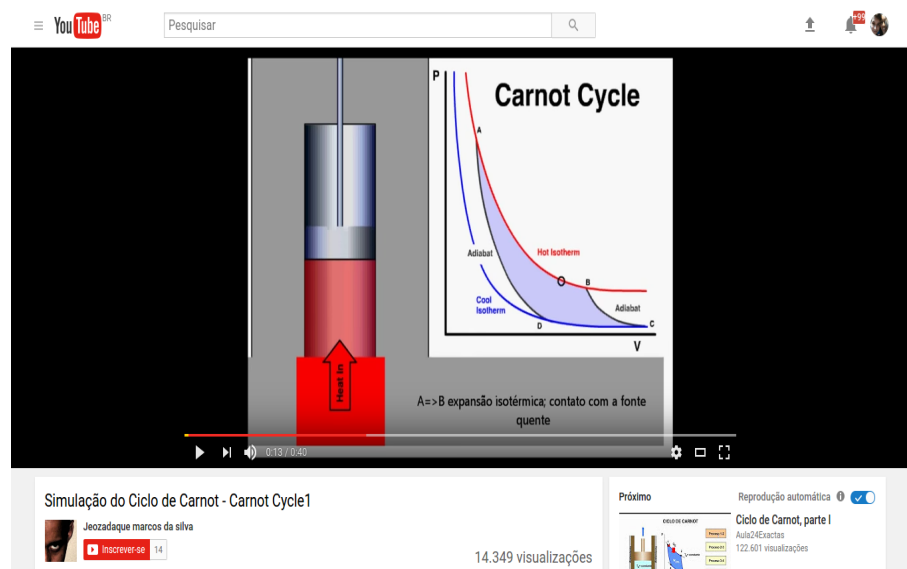


Figura 11 – Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>>

## Plano de Aula Nº 2

Alunos: Edson Vaz Lopes  
Tulio Meneghelli de Oliveira  
Vinícius Wiggers

Universidade do Estado de Santa Catarina

Ensino Superior      PIBID

Aula Nº 02      Data: 05/05/17      Duração: 150 minutos.

# Por que ocorrem mais furacões em determinadas regiões do mundo?

## Objetivo Geral

Compreender, através do modelo explicativo adotado, com as devidas adaptações, os fatores que contribuem para a maior ocorrência de furacões em determinadas regiões do globo terrestre.

## 3.13 Introdução

Tempo Previsto: 30 min.

### Objetivos Específicos:

- Problematicar sobre os fatores que favorecem a maior ocorrência de furacões em determinadas regiões do mundo.
- Definir ciclone tropical
- Explicar como se dá o processo de formação dos furacões
- Definir centros de baixa pressão

**Primeiro Momento:** Introdução e Problematicação.

**Dinâmica:** Introduzir brevemente o tema do projeto, dizendo que serão estudados os furacões, e então comentar sobre o furacão Catarina (2004), perguntando o que os alunos lembram sobre este ocorrido. Em seguida, passar o documentário “Aquilo era um furacão: Catarina 10 anos - 2004/2014” [Anexo 1] (ClimaTempo). Após a exibição do vídeo, chamar a atenção para a fala da jornalista (sobre a decisão da mídia de não informar diretamente a população sobre o fenômeno com a intenção de não gerar pânico). Discutir sobre a hesitação dos meteorologistas em classificar o Catarina como um furacão, e os motivos para isso. Mostrar informações e imagens do Furacão Catarina e os estragos causados por ele. Iniciar uma discussão sobre o fenômeno, e lançar então a pergunta central do projeto “Por que ocorrem mais furacões em determinadas regiões do mundo?”.

**Segundo Momento:** Sistematização do Conteúdo.

**Dinâmica:** Definições e nomenclaturas.

Definir ciclone tropical, e explicar o que são centros de baixa pressão. Explicar o processo de formação dos furacões, listar as condições necessárias para a formação dos furacões: diferença de temperatura, pressão central e temperatura mínima da superfície do mar. (Condições para o desequilíbrio). Expor a escala Saffir-Simpson aos alunos, para terem ideia de como se faz a classificação dos furacões em termos da velocidade dos ventos do mesmo. Utilizar a animação em flash [2] para os alunos verem os efeitos causados por este fenômeno. Indicar quais nomes o fenômeno recebe em cada região do mundo. Mostrar a tabela de ocorrência de furacões em várias regiões do globo, entre 1990 e 2004, e fazer um paralelo entre nossa região (Atlântico sul) e as regiões com maior ocorrência.

### 3.14 Vórtices

**Tempo Previsto:** 5 min.

**Objetivo Específico:** Caracterizar vórtices livres e vórtices forçados.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Definir vórtice livre e vórtice forçado, diferenciando-os e pontuando quais partes do furacão comportam-se de acordo com essas definições. Exemplificar vórtice livre e vórtice forçado.

### 3.15 Definição de Calor, Temperatura e Trabalho

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir Calor, Temperatura, Pressão e Trabalho, afim de utilizar tais conceitos na sequência do projeto.

**Primeiro Momento:** Conceitualização.

**Dinâmica:** Como são conceitos já vistos, perguntar aos alunos o que lembram quando pensam em cada uma das palavras, com o intuito de induzi-los a recordar do que já foi visto em sala.

### 3.16 Máquinas Térmicas

**Tempo Previsto:** 15 min.

**Objetivo Específico:** Mostrar o desenvolvimento das máquinas térmicas e explicar o funcionamento das mesmas.

**Primeiro Momento:** Abordagem Histórica.

**Dinâmica:** Apresentar, através de imagens, a evolução das máquinas térmicas, descrevendo seu fim prático.

**Segundo Momento:** Sistematização do conteúdo.

**Dinâmica:** Explicar o funcionamento de uma máquina térmica (conversão de energia térmica em energia mecânica), utilizando-se de desenhos e simulação/experimento. Mostrar, através da simulação/experimento, como ocorre essa transformação da energia térmica em energia mecânica (Simulação PhET) [3].

### 3.17 Primeira Lei da Termodinâmica

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir a 1ª Lei da Termodinâmica.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Definir a 1ª Lei da Termodinâmica, mostrando aos alunos seu enunciado e a equação, frisando que trata-se de uma lei de conservação da energia.

### 3.18 Eficiência das Máquinas Térmicas

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir eficiência das máquinas térmicas.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Perguntar aos alunos o que eles entendem por eficiência, e utilizar-se dos seus conhecimentos prévios para definir, matematicamente, eficiência.

### 3.19 Segunda Lei da Termodinâmica

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Conceituar a Segunda Lei da Termodinâmica.

**Dinâmica:** Através da ideia de conservação de energia, definiremos a segunda lei da termodinâmica de forma expositiva, falando sobre a eficiência máxima que uma máquina térmica pode ter. O enunciado utilizado aqui será:

*"Nenhum processo é possível onde o único resultado é a absorção de calor de um reservatório e sua conversão completa em trabalho."*

### 3.20 Máquinas operando em Ciclos

**Tempo Previsto:** 10 min.

**Objetivo Específico:** Definir o que é ciclo termodinâmico e exemplificá-lo através do motor a combustão interna.

**Primeiro Momento:** Exemplificação.

**Dinâmica:** Dizer aos alunos que máquinas térmicas operam no que chamamos de *ciclos*, e como exemplo podemos citar o ciclo Otto utilizado no motor a combustão interna (motor de carro).

**Segundo Momento:** Sistematização.

**Dinâmica:** Passar um vídeo [4]mostrando cada etapa do funcionamento de um motor a combustão interna, frisando que trata-se de um processo cíclico, e todas as máquinas térmicas operam dentro de um determinado ciclo.

### 3.21 Ciclo de Carnot

**Tempo Previsto:** 15 min.

**Objetivo Específico:** Definir os processos do Ciclo de Carnot.

**Primeiro Momento:** Definição.

**Dinâmica:** Mostrar o ciclo de Carnot como caso específico onde a eficiência máxima de uma máquina térmica operando em ciclos é dada quando esta opera num ciclo de Carnot. Explicar cada etapa do ciclo, frisando que é algo ideal, não é algo utilizado no dia a dia como o ciclo Otto, Diesel, etc. Conforme seção 1.7.1 da Unidade de Ensino.

**Segundo Momento:** Sistematização.

**Dinâmica:** Passar um vídeo aos alunos [5], onde é mostrado detalhadamente cada etapa do ciclo de Carnot, comparadas à expansão e compressão de um gás num cilindro por um pistão.

### 3.22 Modelização

**Tempo Previsto:** 30 min.

**Objetivo Específico:** Mostrar que um furacão pode ser interpretado/idealizado como um Ciclo de Carnot.

**Primeiro Momento:** Apresentação.

**Dinâmica:** Apresentar o modelo explicativo adotado (aproximação por um vórtice simétrico). Recapitular o comportamento do furacão de acordo com os vórtices apresentado. Posteriormente será feita a aproximação do furacão com o ciclo de Carnot, mostrando os processos envolvidos, e, utilizando-se da Figura 1 (encontrada no Capítulo 1, seção 1.4 da Unidade de Ensino), falaremos da relação com a pressão central, que responde a pergunta inicial do projeto.

### 3.23 Anexos

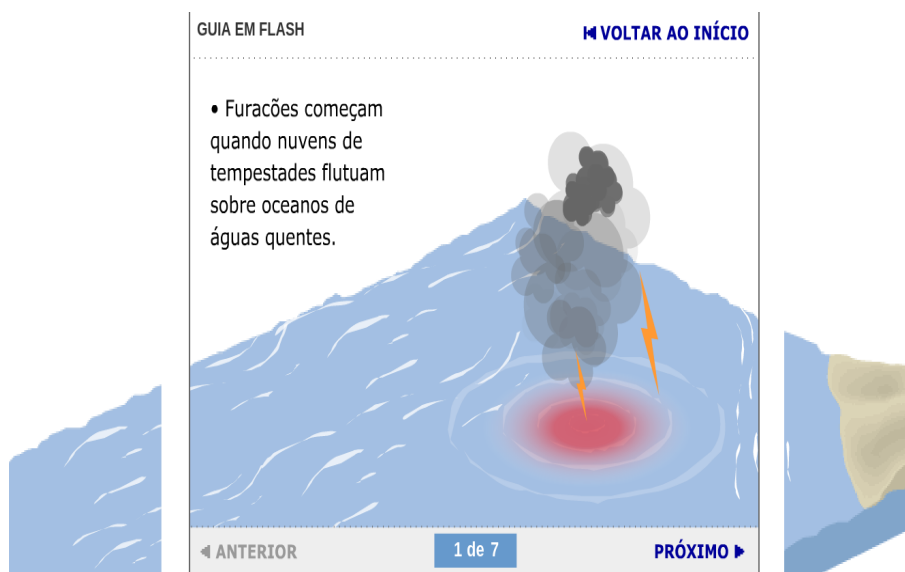
[1] Documentário: Furacão Catarina - 10 anos



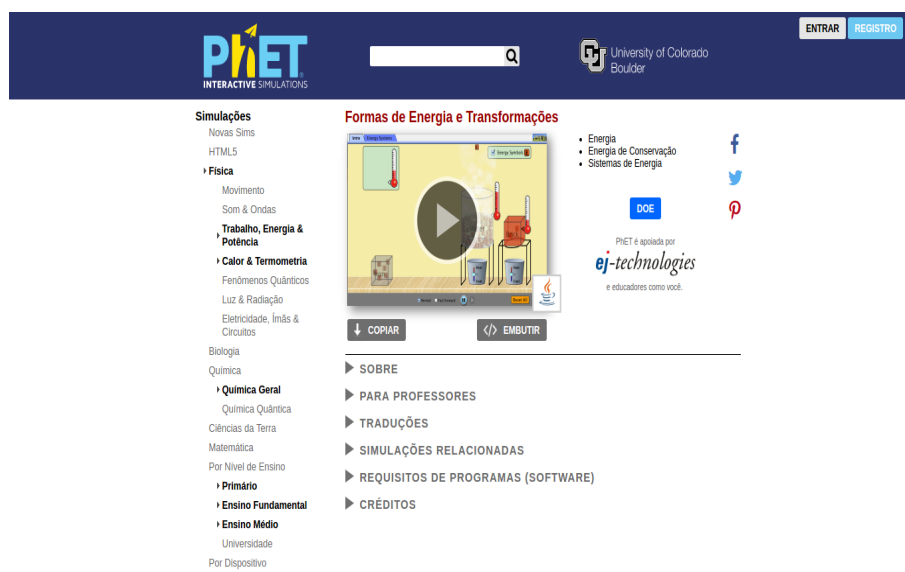
Figura 12 – Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=pZ2Tn4qljws>>



## [2] Animação em flash sobre formação de furacões e escala Safir-Simpson

Figura 13 – Fonte: <[http://www.apolo11.com/hurricane\\_por.swf](http://www.apolo11.com/hurricane_por.swf)>

## [3] Simulação sobre transformações de energia

Figura 14 – Fonte: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/energy-forms-and-changes)>

[4] Vídeo explicativo: motor a combustão interna



Figura 15 – Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=lPEgnnB-fCQ>>

[5] Vídeo explicativo: ciclo de Carnot

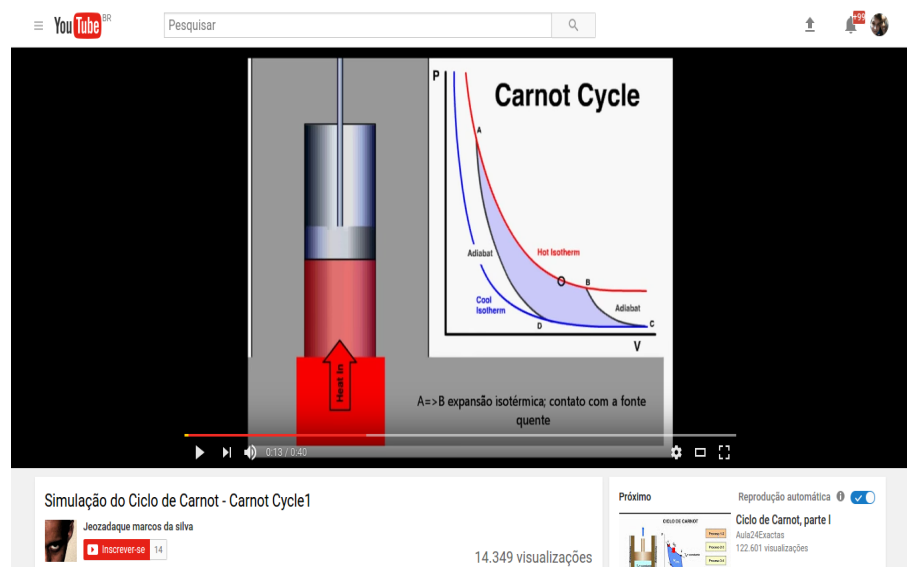



Figura 16 – Fonte: <<https://www.youtube.com/watch?v=0vcLGEZDAME>>

## 3.24 Avaliação







### 3.24.1 Ensino Médio (2ª Série)

Nesta seção serão relatadas as observações feitas quando o projeto foi aplicado no Ensino Médio, na Escola de Educação Básica Professora Jandira D'Ávila. 

### 3.24.1.1 Introdução

As mudanças feitas no projeto temático inicial para sua aplicação foram:









- Redução do tempo de aplicação de seis para três aulas.
- Adição da definição de conceitos físicos para apoio à explicação da modelização adotada, sendo estes Temperatura, Calor e Trabalho. 
- Utilização de animação em Flash para mostrar a formação de um furacão e os estragos associados à cada uma das categorias da escala Safir-Simpson.
- Adição de imagens dos estragos causados pelo furacão Catarina. 
- Adição de vídeos para explicação de ciclos termodinâmicos e ilustração dos processos do ciclo de Carnot. 
- Retirada do texto histórico. 
- Redução do número de máquinas térmicas apresentadas. 
- Redução do momento destinado aos vórtices, para apenas uma breve definição de como os furacões se comportam de acordo com fluídos irrotacionais e rotações de corpo rígido. 

### 3.24.1.2 Inserções das Atividades

As atividades e recursos diferenciados utilizados na aplicação do projeto foram:



- Documentário sobre o furacão Catarina. 
- Animação em Flash ilustrando a formação dos furacões e os estragos associados à cada uma das categorias da escala Safir-Simpson. 
- Termoscópio. 
- Simulação sobre transformações de energia e máquinas térmicas. 
- Vídeo explicativo sobre motor à combustão interna. 
- Vídeo explicativo sobre o Ciclo de Carnot. 

As atividades onde foi possível perceber que houve um maior interesse por parte dos alunos foram:

- Termoscópio. Por ser algo diferente do que estão acostumados, o termoscópio os possibilita manuseio e visualização do fenômeno (expansão do líquido no interior do corpo de vidro), que é muito importante para os alunos. O objetivo da atividade

era a visualização da diferença entre calor e temperatura, e perceber os efeitos que a variação de temperatura (causada pelo recebimento de calor) teria no líquido dentro do vidro.

- Simulação máquinas térmicas. Também por ser algo que possibilita a visualização de um fenômeno, mesmo sendo uma simulação computacional nesse caso. A simulação permite visualizar as diferentes formas de energia e como estas se transformam/interagem. O objetivo era visualizar as transformações de energia na máquina térmica e em outros fenômenos.

### 3.24.1.3 Avaliação da Aplicação

De modo geral, os alunos foram bem participativos, respondendo todas as perguntas e interagindo com as atividades propostas, principalmente com o termoscópio e a simulação sobre transformações de energia. Os assuntos abordados no projeto foram, em parte, vistos pelos alunos durante o semestre no qual foi feita a aplicação, conceitos como calor, temperatura e trabalho já não eram de natureza estranha. O que foi feito foi apenas relembrar brevemente o que significa cada um destes termos. O que pode, e deve ter ficado, por parte, incompreendido pelos alunos, é a parte referente a Termodinâmica, como primeira e segunda leis, ciclo de Carnot e os processos (isotérmico e adiabáticos) do ciclo. Quanto às concepções, não foi perceptível nenhuma espécie de manifestação entre os alunos, a interação com os mesmos se deu quase que totalmente durante as perguntas feitas por quem aplicava o projeto. A única modificação feita foi uma fala sobre a eficiência térmica do ciclo de Carnot, já que não estava nos planos da apresentação falar sobre tal coisa.

### 3.24.2 Ensino Superior (PIBID)

Nesta seção serão relatadas as observações feitas na aplicação do projeto no Ensino Superior, com os integrantes do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID).

#### 3.24.2.1 Introdução

As mudanças feitas no projeto temático inicial para sua aplicação foram:

- Redução do tempo de aplicação de seis para três aulas.
- Adição da definição de conceitos físicos para apoio à explicação da modelização adotada, sendo estes Temperatura, Calor, Pressão e Trabalho.
- Adição de imagens associadas aos conceitos acima indicados.

- Utilização de animação em Flash para mostrar a formação de um furacão e os estragos associados à cada uma das categorias da escala Safir-Simpson.
- Adição de imagens dos estragos causados pelo furacão Catarina.
- Adição de vídeos para explicação de ciclos termodinâmicos e ilustração dos processos do ciclo de Carnot.
- Retirada do texto histórico.
- Redução do número de máquinas térmicas apresentadas.
- Redução do momento destinado aos vórtices, para apenas uma breve definição de como os furacões se comportam de acordo com fluidos irrotacionais e rotações de corpo rígido.
- Adição da definição de centros de baixa pressão.

#### 3.24.2.2 Inserções das Atividades

As atividades e recursos diferenciados utilizados na aplicação do projeto foram:

- Documentário sobre o furacão Catarina.
- Animação em Flash ilustrando a formação dos furacões e os estragos associados à cada uma das categorias da escala Safir-Simpson.
- Simulação sobre transformações de energia e máquinas térmicas.
- Vídeo explicativo sobre motor à combustão interna.
- Vídeo explicativo sobre o Ciclo de Carnot.

As atividades onde foi possível perceber que houve um maior interesse por parte dos alunos foram:

- Simulação sobre máquinas térmicas e transformações de energia. Por ser algo que possibilita a visualização de um fenômeno, mesmo sendo uma simulação computacional nesse caso. A simulação permite visualizar as diferentes formas de energia e como estas se transformam/interagem. O objetivo era visualizar as transformações de energia na máquina térmica e em outros fenômenos.

### 3.24.2.3 Avaliação da Aplicação

Percebeu-se que houve maior interação por parte dos alunos do Ensino Superior do que do Ensino Médio, não especificamente em relação às perguntas feitas, mas em relação às dúvidas que apareceram durante a apresentação, como perguntas sobre motores de dois e quatro tempos, formação de tornados e dúvidas de como se deu a formação do furacão Catarina. Como dito anteriormente, uma atividade que chamou bastante a atenção dos alunos presentes foi a simulação de transformações de energia e máquinas térmicas, aparentemente mais pelo deslumbre para com a simulação do que especificamente pelo interesse nos conceitos físicos e fenômenos ali envolvidos. Os conceitos e leis apresentados estão de acordo com o nível de conhecimento dos estudantes participantes da aplicação, uma vez que se encontram no ensino superior e, alguma vez na vida, já estudaram sobre. No dia da apresentação, diferente do Ensino Médio, não houveram alterações não planejadas.

