



## **CARGA E DESCARGA DE CAPACITORES**

**FERNANDO CEZAR RIVAROLA RAMIREZ**

**Agosto – 2022**



## Sumário

### Sumário

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 1. Base teórica .....</b>	<b>5</b>
<b>Capítulo 2. Sequência didática .....</b>	<b>8</b>
<b>Capítulo 3. Construção do painel de carga e descarga de capacitores:.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Construção .....</b>	<b>21</b>
<b>Referências .....</b>	<b>27</b>

## INTRODUÇÃO

Apresentamos o produto educacional desenvolvido para uma sequência de aulas do terceiro ano do ensino médio, que visa atender as habilidades propostas na Base Nacional Comum Curricular – BNCC (BRASIL, 2018). Neste produto educacional propomos a construção de um circuito elétrico que possa transformar a corrente alternada em corrente contínua e assim carregar um componente eletrônico chamado Capacitor, que consiste em um dispositivo dotado de placas isoladas entre si e que podem armazenar cargas elétricas diferentes, formando entre essas placas um campo elétrico, apresentando uma diferença de potencial e assim armazenar energia elétrica dentro dele.

O objetivo dessa montagem é alimentar capacitores que não são fixos ao circuito, mas que o fecham ao encostar os terminais do capacitor em contatos que estão ligados a diodos retificadores internos e fixos ao circuito.

O objetivo específico é utilizar esse experimento, que denominamos de Carga e Descarga de Capacitores, em uma aula de eletrostática e eletrodinâmica em um sistema de aula de investigação, apresentada como laboratório investigativo, manuseado pelo professor e apresentado com intuito de que os alunos possam verificar em escalas maiores o movimento de cargas elétricas através de uma lâmpada que varia o seu brilho de acordo com a carga do capacitor.

As aulas de física podem ter atrativos diferentes de uma abordagem apenas de livro didático, quadro e pincel, e mesmo que não haja disposição de laboratório com quantidade de aparatos suficientes para as aulas práticas, podemos fazer uso de metodologias de alfabetização científica (SASSERON E MACHADO 2017), que proporcionam uma dinâmica em que apenas uma montagem experimental atenda a uma turma inteira, apresentando conceitos que já foram vistos, ou serão vistos pelos alunos, melhorando os processo de aprendizagem devido a interação possível com o experimento com a proposta de investigação ao experimento.

Para aplicação do experimento sugerido temos a elaboração da sequência de aulas no capítulo 1, Base teórica, no capítulo 2 apresentamos os quatro momentos com a sugestão de aplicação detalhada e no capítulo 3 a construção do experimento.

## Capítulo 1. Base teórica

As habilidades que pretendemos atender com a apresentação do experimento está no quadro 1 das competências e habilidade da nova BNCC:

Quadro 1: habilidades e competências da BNCC (BRASIL, 2018)

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos - com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais -, para propor ações que visem a sustentabilidade.
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

A proposta de currículo apresentado nas escolas de ensino médio costuma apresentar na terceira série os conceitos relacionados a eletricidade, no novo ensino médio em implantação das escolas estaduais no ano letivo de 2022, a divisão do currículo não define esse conceito para o terceiro ano do ensino médio, mas dentro de um quadro de habilidades que devem ser atendidas ao longo das primeiras e segundas séries. Assim temos o quadro 2 que apresenta parte do Currículo Único de Referência do Acre 2022 (ACRE, 2021):

Quadro 02: Parte do Currículo Único de Referência do Acre 2022 (ACRE, 2021)

<b>Habilidades</b>	<b>Componente Curricular</b>	<b>Objeto de Conhecimento</b>
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	FÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transformações de energia: mecânica, térmica, sonora, elétrica, eólica, solar, luminosa e nuclear;</li> <li>- Trabalho e potência.</li> </ul>
(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos - com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais -, para propor ações que visem a sustentabilidade.	FÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Circuitos elétricos.</li> </ul>
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.	FÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Instrumentos de medidas.</li> <li>- Sistema Internacional de Unidades;</li> <li>- Unidades de medidas;</li> <li>- Relatório</li> </ul>
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no	FÍSICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enfrentamento de situações-problema sob a perspectiva científica e tecnológica;</li> <li>(Conhecimentos prévios de eletricidade)</li> </ul>

enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.		
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.	FÍSICA	- Enfrentamento de situações-problema sob a perspectiva científica e tecnológica; (Construção de relatórios e observação do experimento sobre capacitores)
(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.	FÍSICA	- Funcionamento de equipamentos e sistemas. Circuitos Elétricos.

Fonte: Elaborado a partir do Currículo de Referência Único do Acre (ACRE, 2021)

## Capítulo 2. Sequência didática

Podemos verificar que para atender as habilidades a aula de física ainda fará uso dos conceitos que já eram apresentados, mas com abordagem que possa proporcionar maior interação e apropriação dos conceitos para que possam compreender e aplicar o que está sendo estudado. Com essa perspectiva elaboramos uma sequência de aulas que incluem o uso do experimento sugerido.

### Momento aula 01. Problemática inicial

**TEMPO PREVISTO:** 1 HORA AULA

**HABILIDADES ENVOLVIDAS:** EM13CNT10, EM13CNT205;

**MATERIAIS DIDÁTICOS UTILIZADOS:** Montagem de pêndulo eletrostático: fios de cabelo e bolinha de papel, cano de pvc de 50cm e sacola plástica para atritar o cano; quadro branco, pincel e livro didático de apoio.

### DESENVOLVIMENTO:

Apresentação de conceitos de eletrização utilizando um pêndulo eletrostático simples: Tratar sobre o processo de eletrização como base para o desenvolvimento da eletricidade em todas as suas aplicações:

1. Com uso do livro didático em uso, apresentar os conceitos de constituição da matéria e processos de eletrização;
2. Montar um pêndulo eletrostático com fios de cabelo, utilizar uma haste ou borda da mesa para pendurar o fio de cabelo com uma pequena bolinha de papel amarrada na ponta; conforme mostra a foto 1:

Foto 1: Sugestão de Pêndulo



Fonte: Elaborada pelo autor



3. Atritar o cano com uma sacola plástica e aproximar da bolinha de papel sem deixar encostar: perguntar aos alunos se conseguem associar ao que foi apresentado no livro, intervir se necessário para explicação correta.
4. Em seguida permitir que a bolinha encoste no cano e verificar o afastamento da bolinha em seguida: verificar se os alunos conseguem entender o que acontece, e intervir se necessário;
5. Por fim, o professor pode explicar todo o processo de eletrização que está envolvido e preparar os alunos para as próximas aulas; permitir que os alunos interajam com a montagem do pêndulo;

## **Momento aula 02. Conceitos da eletrostática**

**TEMPO PREVISTO:** 1 HORA AULA

**HABILIDADES ENVOLVIDAS:** EM13CNT308

**MATERIAIS DIDÁTICOS UTILIZADOS:** PDF EM MULTIMÍDIA, PINCEL E QUADRO; CANUDOS PLÁSTICOS, PAPEL, PÊNDULO ELETROSTÁTICO;

### **DESENVOLVIMENTO:**

Com uso do livro didático em sua versão impressa em mãos ou o PDF apresentado através de multimídia para os alunos apresentamos os conceitos relacionados a eletrostática. Leitura e explicação junto com a turma.

O uso do livro didático na escola nos permite orientar os alunos com os conceitos que listamos, mas de acordo com a demanda ou disponibilidade do professor que fará uso desse material pode ser alterado. Os tópicos que temos são:

1. A constituição da matéria: com suporte do livro didático fazer uma explanação sobre a história do átomo, sua constituição e estrutura da matéria.

2. Processos de eletrização: apresentar as três maneiras como se pode eletrizar um objeto. Essa parte da aula é acompanhada de uma demonstração investigativa com uso de canudos plásticos e papel. Atritar o canudo e atrair pequenas bolinhas de isopor ou papel. Também podemos fazer uso de um simples pêndulo eletrostático para mostrar os processos de eletrização: atrito, contato e indução.

3. Campo elétrico: apresentar o conceito de campo elétrico de maneira histórica falando sobre Michael Faraday e a maneira como o campo elétrico contribui para o acúmulo de cargas nos terminais de uma pilha e bateria. Esse momento da aula promove uma interdisciplinaridade com a Química.

4. Força elétrica: Apresentar a relação do campo elétrico e a resultante de interação com o campo, que é a força elétrica, demonstrando como existem semelhanças pelas propriedades da matéria entre força e campo elétrico com campo e força gravitacional. Cabe ainda um destaque para a formulação das leis de gravitação universal e a lei de Coulomb, dando um destaque para a importância histórica do cientista Charles Coulomb.

5. Tensão e energia potencial elétrica: Como estamos tratando do campo elétrico vamos adicionar o conceito de tensão elétrica a partir do trabalho da força elétrica sobre uma carga elétrica. Nesse momento temos a deixa para encaixar o exemplo inicial do capacitor e construir um paralelo do componente que juntamente com o resistor são os mais comuns em circuitos eletrônicos.

6. Modelo de corrente elétrica nos metais: por fim nesse encontro vamos apresentar o modelo de corrente elétrica pela movimentação das cargas elétricas através de um condutor de eletricidade em um intervalo de tempo, causada pela ação de um campo elétrico.

Esse segundo momento é de abordagem teórica e tem por objetivo preparar os alunos para a abordagem prática que temos no momento 3.

**Momento aula 03.** Representação do capacitor e suas aplicações: demonstração investigativa com o experimento Carga e descarga de capacitores.

**TEMPO PREVISTO:** 1 HORA AULA

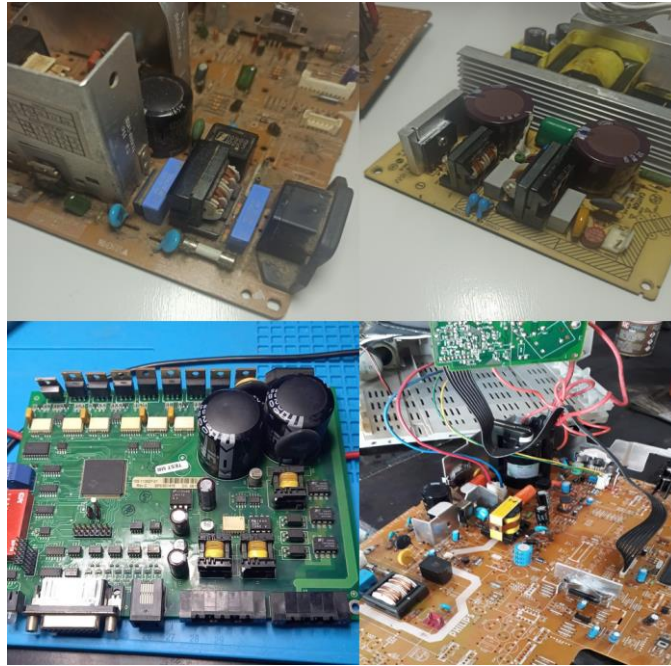
**HABILIDADES ENVOLVIDAS:** EM13CNT205, EM13CNT301, EM13CNT302 e EM13CNT 308;

**MATERIAIS DIDÁTICOS UTILIZADOS:** QUADRO E PINCEL, EXPERIMENTO DE CARGA E DESCARGA DE CAPACITOR, PLACAS DE APARELHOS ELETRÔNICOS;

**DESENVOLVIMENTO:**

Nesse momento da aula vamos utilizar uma problematização inicial rápida sobre as placas de aparelhos eletrônicos. As placas têm o aspecto da foto 01 e são encontradas em aparelhos que são descartados após a sua inutilização.

Foto 02: Exemplos de placas eletrônicas encontradas em sucatas



Fonte: elaborado pelo autor. 2021

Ao dispor dessas placas em um ambiente de sala de aula para exposição aos alunos é interessante confrontar as imagens, que podem estar em uma abordagem na internet ou no livro didático, com o aspecto real dos componentes nas placas, sem esquecer que elas constituem lixo eletrônico, mas que ainda possuem elementos que podem funcionar na eletricidade.

Para a apresentação do experimento é importante recomendar aos alunos que realizem anotações e perguntas sobre os momentos de apresentação do experimento.

O componente capacitor é encontrado facilmente em sucatas de aparelhos eletrônicos ou ainda adquiridos em lojas físicas especializadas na cidade, ou ainda através de sites de vendas via internet. São componentes que trazem em seu corpo as características elétricas de seu funcionamento a saber:

- **Capacitância:** o valor da capacidade de carga a ser acumulada no componente. Unidade de medida da capacitância é o Farad, mas devido ao fato de ser uma unidade muito grande, os componentes normalmente vêm com a indicação em submúltiplos, como por exemplo os nanofarad (nF) ou microfarad ( $\mu\text{F}$ ). Observação: para os efeitos esperados no experimento de carga e descarga utilizando o carregador produzido por nós usaremos capacitores de valores práticos considerados altos.

- Tolerância: os componentes eletroeletrônicos na prática são produzidos em larga escala comercial, estão sujeitos a variações na construção física e, portanto, podem variar um pouco o valor da capacitância, que conforme já foi apresentado é dependente da construção física das placas e sua separação. Essa tolerância varia de 1% até 20% do valor face do componente e representa os valores mínimos e máximos em que a capacitância deve estar para que seja considerado em funcionamento normal. Variações maiores que a tolerância apresentada significa que o componente está defeituoso.
- Tensão de trabalho: o valor da diferença de potencial a ser aplicada entre as placas do capacitor através de seus terminais é apresentada em Volts. Esse é um dado importante em nosso experimento, pois o carregador proposto é ligado direto à rede elétrica.

O capacitor a ser utilizado é do tipo eletrolítico polarizado. No modelo que já tínhamos experimentado foi retirado de uma sucata de transmissor de rádio antigo.

A dinâmica para esse momento prevê o uso de um experimento em demonstração investigativa. Para compreendermos o uso dessa dinâmica apoiamos-nos na afirmação que

A demonstração investigativa é uma estratégia que pode ser utilizada em sala de aula, principalmente quando o professor não tem a sua disposição material e número suficiente para ser trabalhado por todos os grupos ou quando representa algum grau de periculosidade. Trata-se também de uma abordagem adequada quando há pouco tempo para abordar o conteúdo, pois esta atividade pode ser realizada em apenas uma aula. (SASSERON e MACHADO, 2017, p.54).

O experimento proposto para essa aula é uma montagem que pode carregar e descarregar um capacitor através de um circuito elétrico que contém lâmpadas ligadas em série para poder visualizar um fenômeno que sugere a movimentação das cargas elétricas.

A montagem do experimento é apresentada na foto 02:

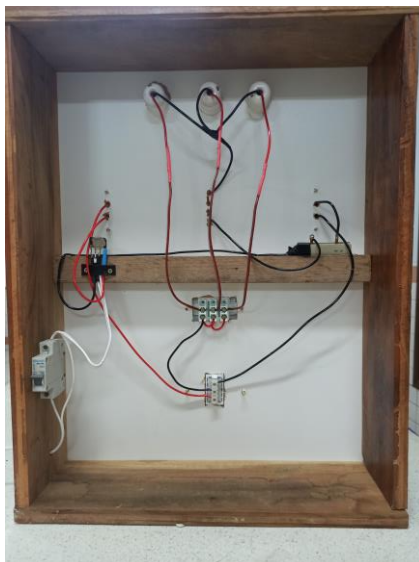
Foto 03: Montagem do experimento



Fonte: Elaborado pelo autor.

O circuito atrás é mostrado na foto 04:

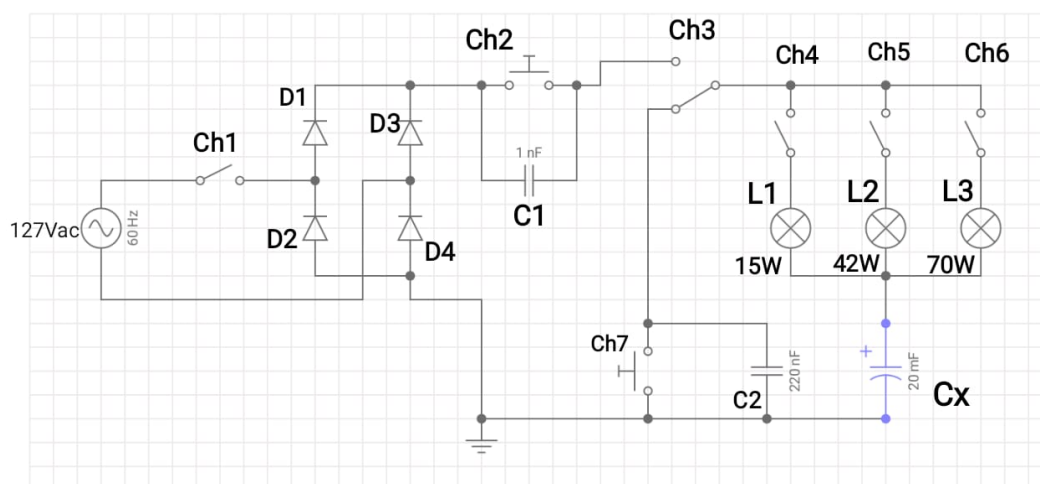
Foto 04: Circuito montado



Fonte: Elaborado pelo autor.

O esquema elétrico do circuito é dado na figura 01

Figura 01: esquema elétrico do carregador/descarregador de capacitores



Fonte: elaborado pelo autor

Os componentes envolvidos na montagem do carregador/descarregador de capacitores são:

- 1- Entrada da fonte de energia elétrica em 127 V alternados;
- 2- Ch 1: disjuntor de ligação geral;

3- D1 – D4: diodos retificadores, que no caso dessa montagem trata-se de uma ponte retificadora, modelo G2SB60, retirada de uma placa de monitor de computador modelo de tubo de raios catódicos (antigo);

4- Ch 2 e Ch3: Push Buton, que no caso da nossa montagem foram usados dois interruptores tipo campainha normalmente aberto. Tem a função de fechar o circuito apenas quando são pressionados.

5- C1 e C2: Capacitores Supressores, que curiosamente, na montagem vamos precisar utilizar dos princípios básicos dos capacitores que podem funcionar como supressores de faíscas no interior dos interruptores, aumentando assim a vida útil dos interruptores; São capacitores de valores de 100 até 800 nanofarad do tipo não polarizado. Essa informação é relevante para fazer as comparações sobre as dimensões de um capacitor e suas diferentes aplicações.

6- Ch 4, Ch 5 e Ch 6: formam um interruptor triplo colocado no centro do experimento e que fecham o circuito de maneira permanente com as lâmpadas em série com o capacitor.

7- L1: lâmpada incandescente de 15W

8- L2: lâmpada incandescente halógena de 42W

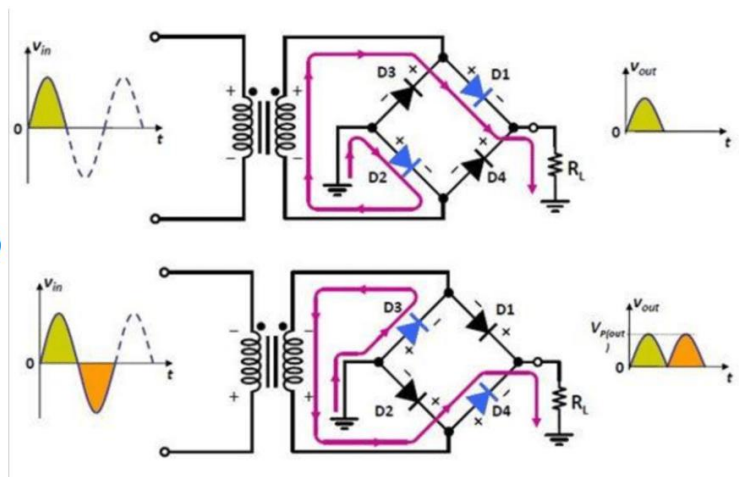
9- L3: lâmpada incandescente halógena de 70W

10- C<sub>x</sub>: Capacitor que fecha o circuito com carga ou descarga.

#### **Funcionamento da montagem: carga**

O circuito é ligado diretamente a rede elétrica em tensão de 127Vac. (Percebemos aqui que temos a oportunidade de verificar um indicador de investigação: diferentes tipos de corrente, a observação). Logo o Disjuntor indicado como Ch 01 liga o circuito até os diodos retificadores, que são componentes semicondutores de eletricidade, tem por característica permitir a passagem de corrente elétrica apenas em um sentido. Como a corrente alternada tem polaridade que alterna constantemente, os diodos semicondutores farão com que apenas um dos ciclos de onda da corrente alternada possa passar de acordo com a polarização que o diodo é colocado. Então vejamos o funcionamento da ponte de diodos D1 – D4 quando a corrente alternada passa por ele:

Figura 02: Funcionamento de uma ponte de diodos retificadores



Fonte- Adaptado de: [https://www.researchgate.net/figure/Figura-78-Esquema-de-funcionamento-de-um-retificador-de-onda-completa-em-ponte-28-Como\\_fig34\\_323153791](https://www.researchgate.net/figure/Figura-78-Esquema-de-funcionamento-de-um-retificador-de-onda-completa-em-ponte-28-Como_fig34_323153791)

Vejamos que na parte superior da figura 04 temos o semiciclo positivo de uma onda de corrente alternada que ao encontrar com os diodos D1 e D2 encontram passagem por sua polarização direta, mas não passam pelos diodos D3 e D4. Aparecendo no gráfico à direita apenas o semiciclo positivo. Na parte inferior da figura 04 temos o semiciclo negativo encontrando os diodos D1 e D2 polarizados invertidos e sem condução de corrente e os diodos D3 e D4 polarizados diretamente, permitindo assim a condução desse semiciclo que embora seja negativo, passa em polarização direta pelo diodo, transformando-se em um ciclo positivo conforme vemos no lado direito inferior da figura. A essa montagem de diodos em ponte retificadora que retifica os dois ciclos de onda alternada chama-se ponte retificadora de onda completa. Nesse momento temos uma corrente pulsante, que não adota valores negativos, mas não se mantem com valores constantes. Para a retificação atingir a corrente contínua precisamos de um tipo de filtro para essa corrente pulsante, e aí temos mais uma aplicação dos capacitores, que por serem capazes de armazenar cargas elétricas e criar uma diferença de potencial entre suas placas devido o campo elétrico formado, ele mantém os valores estáveis durante os pulsos entre os picos da corrente pulsante, aproximando as características da corrente contínua após sua passagem e filtragem.

A ligação do capacitor em uma fonte retificadora é em paralelo com a tensão de entrada. Mas para o nosso circuito temos ainda um interruptor do tipo Push button, ou botão de apertar, que fecha o circuito apenas quando é pressionado e permanecer pressionado. Essa cautela na montagem é um artifício de segurança, pois como trabalhamos com a tensão da rede elétrica é preciso garantir que em caso de acidente o interruptor abra o circuito. O capacitor em paralelo com Ch2 e Ch tem a função de evitar surgimento de faíscas entre os terminais dos interruptores. Ao fechar ou abrir o circuito os capacitores já terão uma pequena carga amortecendo a passagem brusca dos elétrons, evitando assim o surgimento das indesejadas faíscas que podem estragar os interruptores. Após Ch2 o circuito entra no interruptor triplo Ch4, Ch5 e Ch6 que vão ligar uma lâmpada ao circuito, sendo que cada interruptor liga uma lâmpada diferente. A outra extremidade da lâmpada encontra o Capacitor Cx que é um capacitor de grande capacidade de carga que então é ligado ao terminal negativo da ponte, retornando então para a fonte. Ao conectar por contato, o capacitor de 20mF (miliFarad) e pressionar o interruptor Ch2 temos a passagem de corrente elétrica durante o período de carga do capacitor. Acendendo a lâmpada equivalente no circuito.

A potência da lâmpada é dependente do valor ôhmico do filamento, que embora varie junto com a variação de temperatura atinge uma estabilidade, e pode ser comparado ao comportamento de um resistor que limita a corrente de maneira constante obedecendo ao fator da constante de tempo para carga do capacitor:

$$\tau = R \cdot C$$

Para os valores de R em Ohm ( $\Omega$ ) e de C em Farad;

Sabemos que a potência elétrica é dada em função da corrente e resistência por:

$$P = R \cdot i^2$$

Ou seja, se temos valores diferentes de potência, teremos valores diferentes de resistência e a corrente elétrica fluirá de maneira diferente até carregar o capacitor, mesmo que o capacitor não atinja sua carga máxima. Assim, ao fechar o circuito, a lâmpada acende e seu brilho cai aos poucos com o passar do tempo. Esse tempo varia de acordo com o interruptor que estiver fechado (Ch4, Ch5 e Ch6) ligando as suas respectivas lâmpadas de 15, 42 ou 70W. Esses valores de tempo podem ser calculados e admitindo-se as margens de erro tornarem-se experimentos muito interessantes, mas fogem do contexto aqui empregado.



### **Funcionamento da montagem: descarga**

Agora que já temos uma noção do funcionamento de carga do capacitor vamos conhecer a descarga dele, pois para essa ação não usaremos o circuito de entrada nem o retificador. Ao conectar por contato o capacitor Cx no circuito e fecharmos o interruptor Ch2 vamos carregar o capacitor conforme descrito anteriormente. Ao soltar o interruptor Ch2 e agora pressionar o interruptor Ch3, ligaremos o terminal positivo do capacitor ao terminal negativo dele através da lâmpada controlada pelo interruptor triplo. Então podemos usar a lâmpada de 15W para carregar, observar o tempo de carga, e logo em seguida descarregá-lo via ch3 e a mesma lâmpada (ou até mesmo usar lâmpadas diferentes nos processos) comparando assim a proximidade dos tempos de carga e descarga do capacitor.

Uma prática comum feita pelo autor do trabalho é a descarga via curto-circuito nos terminais do capacitor. O efeito luminoso e acústico é estrondoso, e podemos ter uma noção pela foto 04

Foto 04: Curto-circuito em um capacitor de 20mF carregado



Fonte: elaborado pelo autor

Com esses fenômenos visuais pretende-se atingir a curiosidade dos alunos, estimular o questionamento, criação de ideais, hipóteses e discussões que possam tornar o quarto momento uma aula em que os alunos possam divagar sobre o que se viu, sobre os conceitos estudados e sobre a problemática do lixo eletrônico.

**Procedimentos de uso do experimento:**

1. Ligue o experimento em uma tomada da rede elétrica de voltagem de 127V;
2. Verifique se o disjuntor geral está ligado;
3. Selecione no interruptor múltiplo qual das lâmpadas vai ligar ao circuito;
4. Selecione a chave comutadora para a função carga;
5. Conecte o capacitor encostando nos terminais + e – respeitando a polaridade do capacitor, e pressione a chave de carga do capacitor;
6. Observe o brilho da lâmpada até que fique estável, teoricamente carregado, mas na prática vai permanecer com um brilho mínimo, explique para os alunos o processo de carga do capacitor;
7. Após a carga, modifique a chave comutadora para descarga e conecte o capacitor encostando-o nos terminais + e – respeitando a polaridade e aperte o interruptor de descarga e observe o brilho da lâmpada, até apagar por completo.
8. Selecione outra lâmpada e repita o processo do item 3 até o 7;

Acompanhe as anotações dos alunos e permita que eles sugiram outras maneiras de interagir com o experimento. Com uso de uma base metálica podemos descarregar o capacitor por meio de curto-circuito, proporcionando um estampido alto e de brilho intenso pelas faíscas, tal qual está na foto 4. Podemos ligar mais de uma lâmpada ao mesmo tempo e testar diferentes tipos de capacitores. A relação do tempo de carga e descarga do capacitor nos ajuda a construir relações com a potência das lâmpadas, intensidade de corrente, transformação de energia, podendo servir de introdução aos conceitos de eletrodinâmica.

**Momento 04.** Preparação para introdução de conceitos de eletrodinâmica: grandezas elétricas, unidades de medida, transformação de energia elétrica. Avaliação do processo

**TEMPO PREVISTO:** 1 HORA AULA

**HABILIDADES ENVOLVIDAS:** EM13CNT107, EM13CNT205, EM13CNT301 E EM13CNT308.

**MATERIAIS DIDÁTICOS UTILIZADOS:** Anotações realizadas pelos alunos durante a demonstração investigativa, experimento de carga e descarga de capacitores;

**DESENVOLVIMENTO:**

Iniciar o encontro com os alunos debatendo sobre o funcionamento do experimento e as relações que foram encontradas e anotadas pelos alunos em aula de

observação do laboratório investigativo. Utilizar as anotações, debates e questionamentos dos alunos para reforçar os conceitos estudados e preparar os conceitos de eletrodinâmica que poderão vir a ser estudados posteriormente.

Conceitos envolvidos que podem ser revisados: constituição da matéria, processos de eletrização, movimentação de cargas elétricas, atração e repulsão, campo elétrico, força elétrica, tensão, corrente, energia elétrica e transformação de energia;

### **Capítulo 3. Construção do painel de carga e descarga de capacitores:**

#### **1. Materiais necessários**

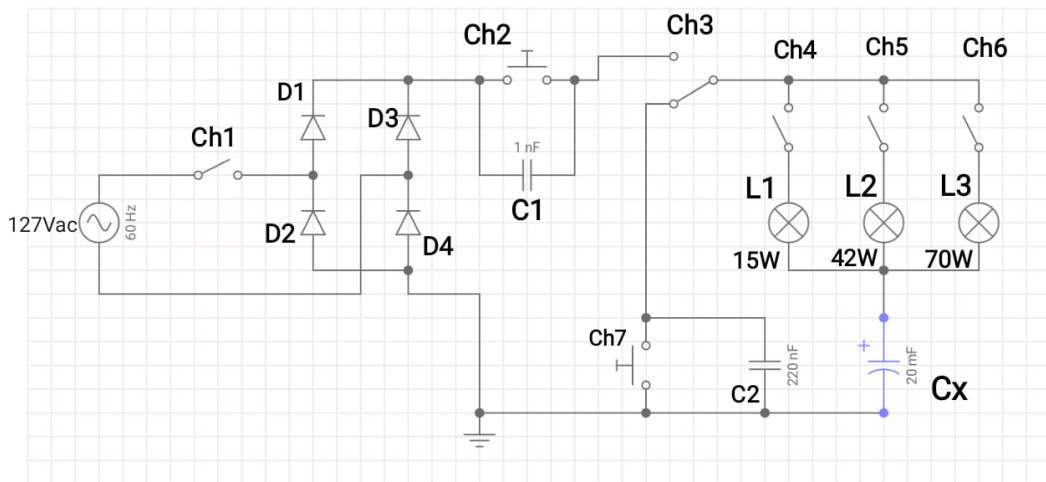
Os materiais necessários para a construção do experimento carga e descarga de capacitores e que terá uso permanente pelo professor são:

- Fios de ligação ou cabo paralelo, no comprimento que o professor achar mais cômodo de acordo com a disposição de tomadas na sala do experimento; nesse experimento foram utilizados 1,5 metros de fio paralelo 1,5mm<sup>2</sup>, com plug de 10 A e 250V de 90°.
- Disjuntor 10 A para ligação geral;
- Chaves push button ou botão de campainha;
- Interruptor triplo de 10A;
- Interruptor chave comutadora duas posições 10 A;
- Fios de ligação interna do circuito, para as dimensões desse experimento foram utilizados 2 metros de fio preto e 2 metros de fio vermelho, todos de bitola de 1,5mm<sup>2</sup>;
- Três receptáculos de lâmpadas E27 (vulgo Bocal de lâmpadas);
- Fio rígido de cobre 8mm; duas hastes de 10cm cada
- Fita isolante;
- Alicates e chave Philips pequena para trabalhar com os receptáculos.
- Caixa de madeira para armazenamento;
- 2 Capacitores não polarizados de 100nF.
- Capacitores de grandes capacidades e voltagem acima de 120 V do tipo polarizado ou eletrolíticos; podem ser encontrados em sucatas ou comprados em lojas especializadas, valores de 1 mF até 20mF podem ser usados;

### 3.1. Construção

O circuito elétrico a ser montado apresenta o seu esquema elétrico na figura 1:

Figura 01: esquema elétrico carga e descarga de capacitores



Fonte: elaborado pelo autor

Para acomodar o experimento foi construído uma caixa de madeira que utilizou de materiais reaproveitados; pedaços de tábua limpos e serrados em medida para formar um quadrado de 60cm x 50 cm reforçado no meio com um pedaço de longarina;

Foto 5: Pedaços de tábuas 60cm e 50cm



Fonte: elaborado pelo autor

Foto 6: madeiras pregadas em forma de H com suporte de longarina ao meio



Fonte: elaborado pelo autor

Com as tábuas e um pedaço de longarina formamos uma montagem de um quadro, utilizando a longarina ao meio que servirá de sustentação para a tampa de MDF que virá por cima com os componentes junto a ele.

Visitamos uma pequena fábrica de móveis planejados e arranjamos a tampa para caixa em madeira do tipo MDF, na medida de 60cmx50cm

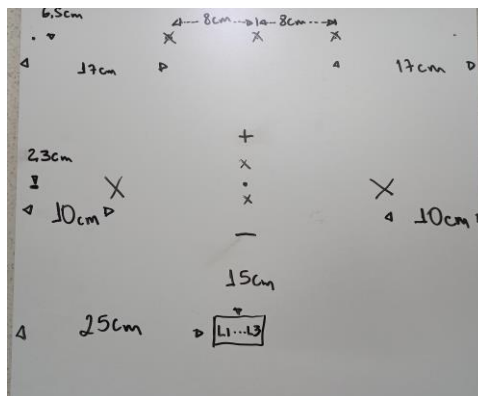
Foto 7: tampa de madeira MDF



Fonte: próprio autor

Demarcamos os locais a serem perfurados conforme a foto 8

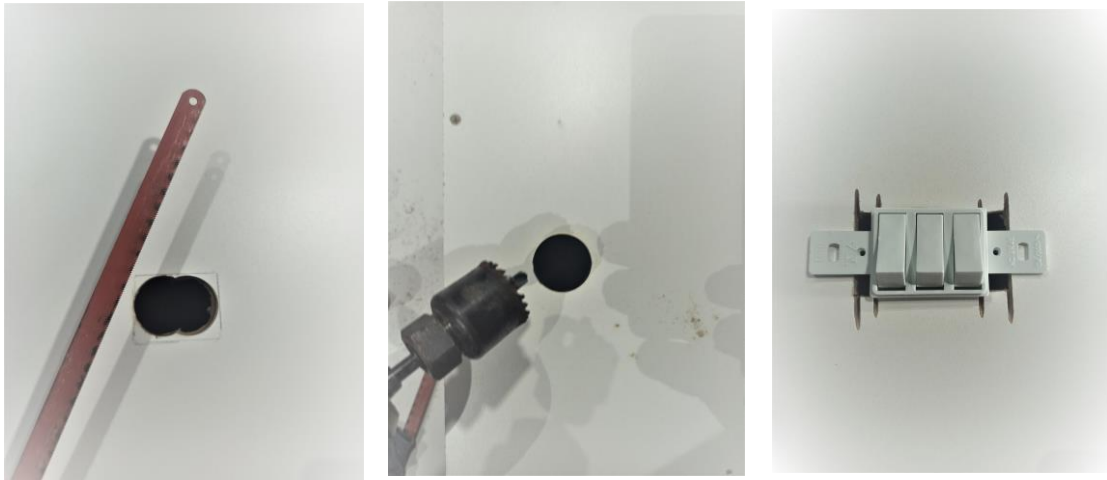
Foto 8: demarcações e distâncias dos furos



Fonte: próprio autor

Com a caixa montada abrimos os furos com uso de uma serra copo e serrinha comum:

Foto 9: perfurações para soquetes e interruptores



Fonte: próprio autor

Após distribuir na caixa a posição dos interruptores a conexão elétrica que requer mais cuidado é a da ponte de diodos: os terminais centrais da ponte G2SB60 são da ligação dos fios de entrada de corrente alternada, enquanto o terminal chanfrado na ponta marca a saída de corrente positiva, e a outra extremidade o terminal negativo. Os terminais devem ser soldados para garantir a segurança e funcionamento do circuito:

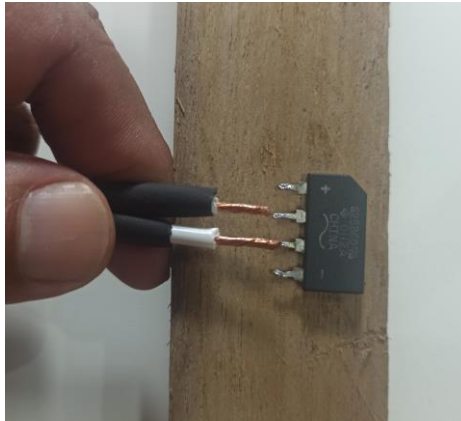
Foto 10: ponte retificadora



Fonte: elaborado pelo autor

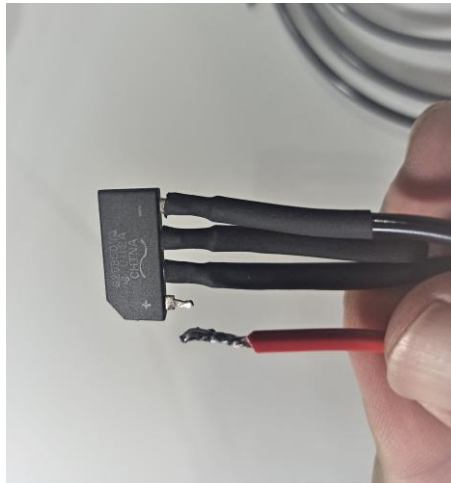
A solda dos fios de entrada de tensão alternada deve ser feita nos terminais centrais da ponte retificadora e posteriormente devem ser isoladas de acordo com o mostramos nas fotos 11 e 12, e os fios são soldado com ferro de solda e estanho como mostramos na foto 13:

Foto 11: solda nos terminais de entrada da ponte retificadora



Fonte: próprio autor

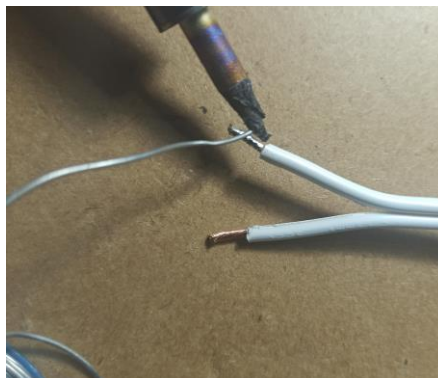
Foto 12: isolamento dos fios após a solda



Fonte próprio autor

Os fios de ligação são soldados, com ferro de solda e estanho conforme mostrado na foto 13:

Foto 13: Solda nos fios



Fonte: próprio autor



Os fios de entrada e negativo de saída mantivemos a cor padrão, e o fio de saída positivo marcamos com o fio vermelho para identificar o caminho de carga do capacitor, mas isso fica a critério do montador e a disponibilidade dos fios coloridos

O interruptor tipo campainha ou push button, recebeu um capacitor com a função de evitar centelhas no ligar e desligar o processo de carga e descarga. Como o capacitor limita a passagem da corrente alternada ele pode ser ligado em paralelo com os terminais do interruptor, a ligação no interruptor de carga e descarga é igual, e mostramos na foto 14:

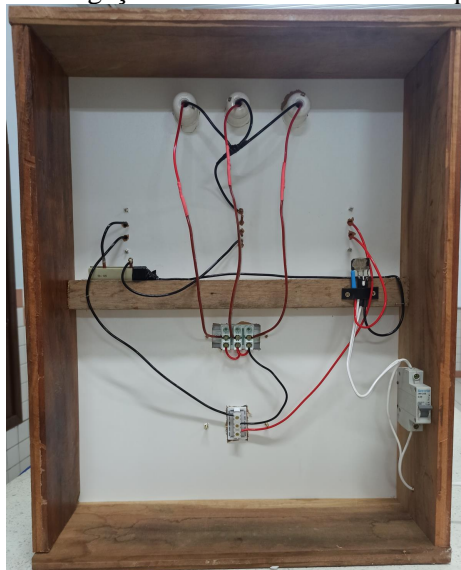
Foto 14: ligação de capacitor para evitar centelhas nos interruptores de pressão



Fonte: próprio autor

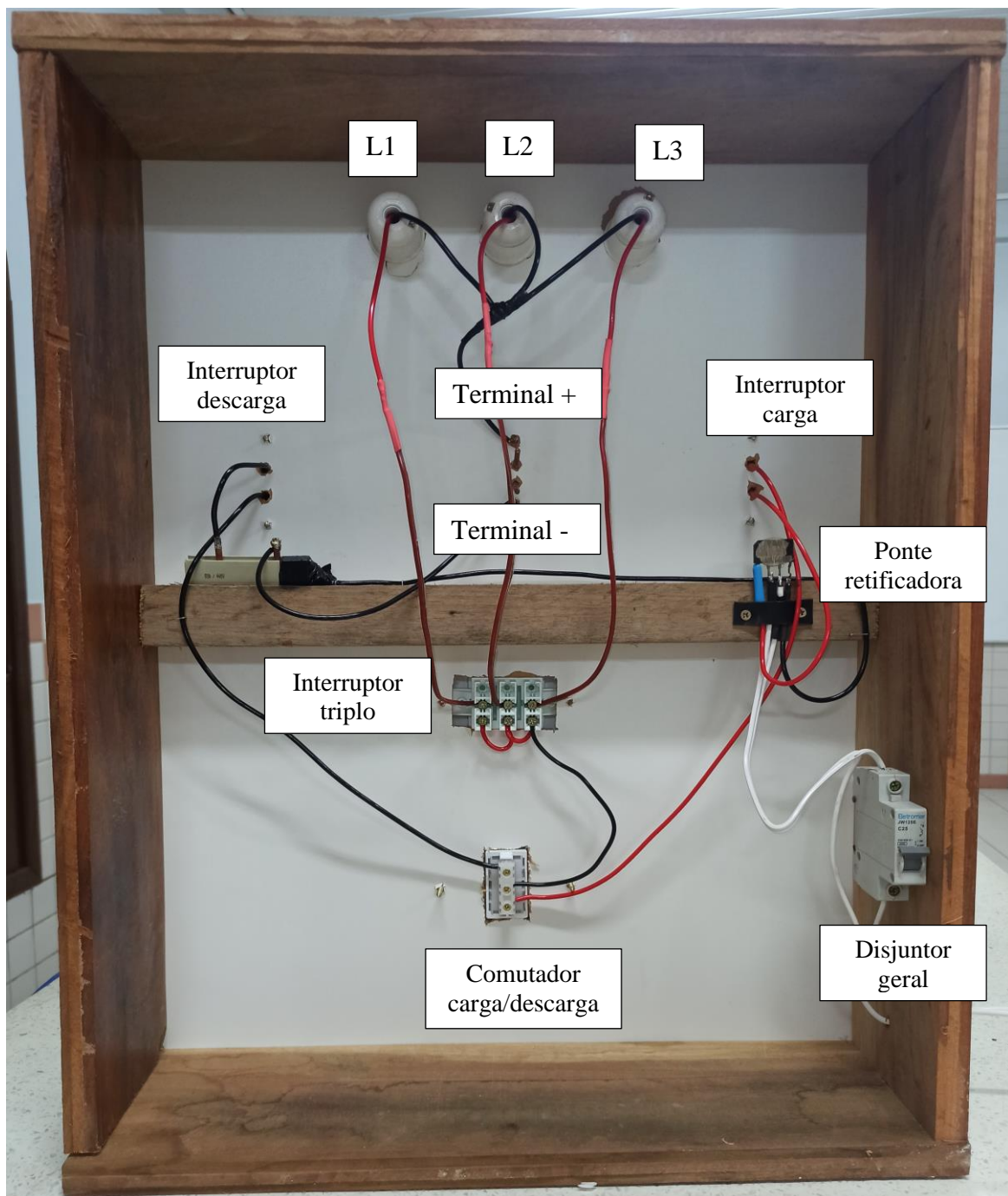
O circuito com todas as ligações feitas está na foto 15:

Foto 15: ligações do circuito elétrico completo



Fonte: próprio autor

Para podermos associar o esquema elétrico com a montagem do circuito apresentamos a foto 15 ampliada:



## Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ministério da Educação. Brasília, 2000.

BRASIL. Ministério da Educação e Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Matriz de Referência para o ENEM 2009. Brasília, Distrito Federal, 2009a.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. Física: interações e tecnologia. 3 ed. São Paulo: Leya, 2016.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. Investigações em Ensino de Ciências, Porto alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

ZABALA, Antoni. A Prática educativa: como ensinar / Antoni Zabala; Tradução Ernani F. da F. Rosa – Porto Alegre: Artmed, 1998.

[https://play.google.com/store/apps/details?id=com.everycircuit.free&hl=pt\\_BR&gl=US](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.everycircuit.free&hl=pt_BR&gl=US)

<https://www.educ.see.ac.gov.br/pagina/referenciais-curriculares-da-see-barra-ac>

[https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz\\_referencia.pdf](https://download.inep.gov.br/download/enem/matriz_referencia.pdf)