

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



# AQUISIÇÃO DO CONCEITO DE CARGA ELÉTRICA – GUIA PARA O PROFESSOR

Sérgio Henrique Mateus Douwens dos Santos

Produto educacional apresentado ao programa Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Polo Universidade Federal do ABC, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Reinaldo Luiz Cavasso Filho

Santo André

2021

# SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	3
APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	5
Aula 01 – Determinação dos conceitos prévios .....	5
Aula 02 – Situação problema .....	7
Aula 03 – Exposição do tema .....	10
Aula 04 – Nova situação problema .....	11
Experimento 1 – Corrida com lata de refrigerantes.....	11
Experimento 2 – Eletroscópio de folhas .....	12
Aula 05 – Avaliação somativa .....	18
Aula 06 – Retomada dos conceitos .....	24
Aula 07 – Avaliação da aprendizagem.....	28
CONCLUSÃO .....	29
REFERÊNCIAS.....	30

# INTRODUÇÃO

A eletrostática é um tópico tido como de difícil aprendizagem por parte dos estudantes. Ao longo da minha carreira acadêmica e profissional ouvi inúmeras palavras que tentavam explicar o porquê da eletricidade, da eletrostática ou eletromagnetismo serem tão difíceis de compreender, mas sem sombra de dúvida a palavra que mais ouvi como justificativa para tal foi “abstrata”! “Essa matéria é muito abstrata”, “Campo elétrico é muito abstrato”, “Carga elétrica é um conceito abstrato demais”.

Não é intuito deste produto refutar as frases acima, mas prover um material que permita ao estudante formar o conceito de carga elétrica. É proposto aqui uma sequência didática que leva em consideração o número de aulas que o professor pode dispender em tal tema.

Esta sequência didática foi aplicada em uma escola particular de classe média da cidade de Santos/SP, com alunos do Ensino Médio e obteve bons resultados no quesito questões de vestibulares com a vantagem de que o conceito de carga elétrica é melhor assimilado através desta sequência didática.

As atividades foram elaboradas para serem ministradas em 7 aulas e contam com experimentos simples de baixo custo. Os materiais para a construção dos experimentos são facilmente encontrados.

A sequência didática também se utiliza de 3 simulações disponíveis *online*, sendo que uma delas é passível de ser baixada previamente para que possa ser utilizada em locais sem acesso à *internet*.

Cada uma das aulas propostas a seguir foram pensadas com duração de 50 minutos cada, salvo quando explícito o contrário. É evidente que cada professor conhece sua turma e sabe a qual passo é melhor tocar com a disciplina, de modo que a divisão aqui feita é apenas um guia. O que não pode ser menosprezado é a devida atenção às discussões que cada aula sugere, sob pena de influenciar negativamente a devida formação dos conceitos.

Neste produto você encontrará:

- A estrutura da sequência didática aula-a-aula com discussões relevantes para serem estimuladas em sala de aula;

- Listas, testes e avaliações para que você possa acompanhar o aprendizado dos alunos;
- Roteiros para experimentos simples e de baixo custo;
- Links para simulações e roteiros para serem explorados;
- Uma simulação original e um guia de como utilizá-la.

# APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

## Aula 01 – Determinação dos conceitos prévios

Parte importante do processo de acompanhar a aprendizagem dos alunos é saber como se deu a evolução durante o percurso. Para isso, sugerimos a aplicação de um questionário que será utilizado para determinarmos como estava o estudante antes de qualquer instrução por parte do professor.

Para a aplicação, o professor pode montar um formulário *online*, utilizar algumas das diversas plataformas de *quizzes* disponíveis na internet ou até mesmo imprimir e entregar aos alunos. Damos preferência pela forma *online* pois torna-se mais fácil a análise posterior dos dados e não promove um acúmulo desnecessário de papel.

O questionário proposto aborda conteúdos básicos para saber se os estudantes conhecem a ideia de átomo e seus constituintes e qual o seu nível de familiaridade com os conceitos de carga elétrica, força elétrica e campo elétrico.

### QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

1. O que você entende quando ouve a palavra "átomo"? Descreva o que você sabe sobre.
  
2. Você conhece alguma característica das partículas que você citou na resposta anterior? Qual?
  
3. O que você entende quando ouve o termo "carga elétrica"? Descreva o que você sabe sobre.
  
4. Qual a sua suposição sobre o fenômeno que aconteceria (atração, repulsão ou nada acontece), nas situações a seguir:
  - a) Corpo eletricamente positivo próximo a corpo eletricamente positivo
  - b) Corpo eletricamente positivo próximo a corpo eletricamente negativo
  - c) Corpo eletricamente negativo próximo a corpo eletricamente positivo
  - d) Corpo eletricamente negativo próximo a corpo eletricamente negativo

- e) Corpo eletricamente neutro próximo a corpo eletricamente neutro
  - f) Corpo eletricamente neutro próximo a corpo eletricamente positivo
  - g) Corpo eletricamente neutro próximo a corpo eletricamente negativo
5. O que é, para você, um corpo eletricamente positivo, negativo ou neutro?
  6. Onde você pode encontrar um corpo eletricamente positivo, negativo ou neutro?
  7. Como uma carga, por exemplo, positiva, "percebe" se há uma carga negativa ou positiva próximo dela.

Diversas discussões podem ser iniciadas através das respostas dos alunos. Algo notoriamente inconsistente, mas que aparece em quantidade não desprezível de respostas é o aluno afirmar que uma das características do átomo é ser indivisível enquanto na questão seguinte diz que ele é composto por prótons, elétrons e nêutrons. Verifica-se, dessa forma, que há uma certa falta de conhecimento ou que ao menos o aluno apenas decorou tais definições sem se preocupar em pensar sobre “como algo indivisível é composto por algo?”.

Outro ponto a ser considerado é a grande quantidade de alunos que invocam o uso da palavra “energia” para explicar o que é carga elétrica. “Energia” parece ter o papel de explicar aquilo que não se sabe como explicar, o que não contribui com o aprendizado e a devida aquisição dos conceitos estudados. Incentive os seus alunos a definirem os conteúdos de eletrostática sem utilizar a palavra energia (exceto, obviamente, quando chegar ao tópico de energia potencial eletrostática e potencial eletrostático).

Digno de nota é também a quantidade de alunos que não conhecem ou não se recordam dos princípios de Du Fay para a atração e a repulsão de corpos eletricamente carregados. É maioria absoluta os estudantes que se recordam de que corpos com cargas iguais se repelem e corpos com cargas opostas se atraem, no entanto o mesmo não ocorre quando na situação entre corpos eletrizados próximos a corpos eletricamente neutros.

Ainda sobre corpos eletrizados próximos a corpos eletricamente neutros, esse foi o tema que se mostrou mais resistente à aprendizagem, sendo importante que o professor se mantenha atento a este ponto para que a aprendizagem seja expressiva.

## Aula 02 – Situação problema

Para o resgate dos conceitos previamente estudados e para a aquisição de novos conceitos sobre a representação de carga, força e campo elétrico, é sugerido a aplicação de uma simulação com elementos de jogo. A atividade pode ser feita em sala de aula ou como atividade para casa, uma vez que o roteiro disponibilizado tem capacidade de fornecer orientação aos alunos.

A referida simulação foi encontrada em dois sítios *online* com pequenas variações entre elas. Os *sites* são os do *phet.colorado.edu*<sup>1</sup> e do *physicsclassroom.com*<sup>2</sup>, que oferecem aos alunos a possibilidade de controlar um disco de hóquei eletricamente carregado através de partículas positivamente e negativamente carregadas. O objetivo do jogo é contornar os obstáculos e levar o disco ao gol.

As diferenças mais significativas entre as simulações são a compatibilidade com diferentes plataformas e a capacidade de alterar o sinal da carga elétrica líquida no disco de hóquei. A simulação disponibilizada pelo *phet*, até a presente data, não era compatível com *tablets* e *smartphones*, sendo possível acessá-la apenas através do computador, enquanto a disponível no *physicsclassroom* permitia o acesso em qualquer dispositivo. O ponto a favor da simulação do *phet* é que ela permite a escolha do sinal do disco de hóquei entre negativo e positivo. Já a disponível no *physicsclassroom* só nos dá a opção de o disco ser positivo. O valor na troca do sinal do disco reside no fato de auxiliar os estudantes a verem as linhas de campo elétrico não como o caminho ou o sentido que as partículas irão se mover, mas sim como uma representação do campo elétrico gerado pelas cargas fonte de campo.

Para o professor que optar por utilizar a ferramenta disponível no *site phet*, disponibilizamos um roteiro para ser aplicado durante a utilização da simulação. No caso de o professor optar por utilizar a ferramenta do *physicsclassroom*, o mesmo roteiro pode ser utilizado, desde que sejam feitas as devidas adaptações ressaltadas em negrito.

---

<sup>1</sup> <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/electric-hockey>

<sup>2</sup> <https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Static-Electricity/Put-the-Charge-in-the-Goal>

## ROTEIRO DE ATIVIDADE

### DESENVOLVIMENTO

1. Marque a opção "puck is positive" (Retirar caso utilize a simulação disponível em physicsclassroom)
2. Tente fazer gols usando:
  - a) Discos azuis e vermelhos.
  - b) Apenas discos azuis.
  - c) Apenas discos vermelhos.
3. Retire a marcação "puck is positive" (Retirar caso utilize a simulação disponível em physicsclassroom)
4. Repita o passo 2. (Retirar caso utilize a simulação disponível em physicsclassroom)

### QUESTÕES

1. Qual era o sinal impresso no "puck"(disco de hóquei)?
2. Quais eram os sinais dos discos azuis e vermelhos?
3. Como se dava o movimento do puck na dinâmica do jogo?
4. Qual foi sua estratégia para fazer os gols?
5. O que precisou mudar na sua estratégia quando estava marcado um sinal negativo no puck ao invés de positivo? (Retirar caso utilize a simulação disponível em physicsclassroom)
6. Qual era a diferença entre o puck estar na zona das setas mais escuras ou mais claras?



7. Por que longe dos discos as setas ficavam mais claras?
8. Você conseguiu atribuir algum significado às setas pretas que apareciam quando você colocava um disco vermelho ou azul? Qual?
9. Para onde apontam (sentido) as setas nos discos azuis e nos discos vermelhos?
10. O sentido das setas significa o sentido em que o puck irá se mover?

O caso da questão 10 merece atenção ao professor que optar por utilizar a simulação do *physicclassroom*, uma vez que como não é possível trocar o sinal do disco de hóquei, isso pode trazer uma resposta que não seja a esperada. Para tal, o professor deve advertir aos alunos que o desenho das setas se manteria idêntico tal qual se vê no aplicativo mesmo se o sinal do *puck* fosse alterado. Caso o professor opte por enviar a atividade como lição de casa, talvez seja melhor simplesmente retirar a questão 10 e realizar a discussão em sala de aula.

## Aula 03 – Exposição do tema

Na terceira aula dessa sequência o professor deve expor a matéria permitindo que o aluno tenha contato com a definição formal dos conceitos que serão estudados. Os tópicos previstos para serem abordados são:

- Estrutura da matéria,
- Quantização da carga elétrica,
- Conservação da carga elétrica e
- Processos de eletrização.

Recomenda-se que o professor tenha tomado ciência das respostas dos seus alunos para o questionário prévio e para o roteiro da atividade com o simulador de hóquei no campo elétrico para que possa atuar com base nos erros e nas dificuldades encontradas.

É estimado que o professor demande 50 minutos na apresentação dos tópicos mas dependendo das características de cada turma esse tempo pode variar. Ao professor que se utiliza de materiais apostilados ou possui um currículo menos flexível é possível tomar a aula subsequente a esta para a resolução de exercícios.

## Aula 04 – Nova situação problema

De posse dos conceitos recém apresentados, os estudantes devem ser levados a colocá-los em prática ao tentar explicar os fenômenos que são vistos em alguns dos experimentos clássicos propostos a seguir.

Apresentamos aqui dois experimentos que podem ser utilizados de acordo com a turma e a disponibilidade de aulas do professor.

O primeiro deles é a corrida de latas de refrigerante, onde os alunos investigam o processo de atração de uma lata de alumínio por uma bexiga atritada aos cabelos.

O segundo é o eletroscópio de folhas, um dos mais clássicos instrumentos utilizados em laboratórios escolares e ilustrados em questões de vestibulares.

### Experimento 1 – Corrida com lata de refrigerantes

Uma série de perguntas ou instruções podem ser fornecidas aos estudantes e eles devem se utilizar da bexiga e da lata de refrigerantes para responder. Não é necessário que o professor entregue tais perguntas aos estudantes como um roteiro a ser seguido. Conforme a aula vai se desenvolvendo o professor vai apresentando oralmente as questões.

É recomendado que o professor solicite aos alunos uma hipótese prévia sobre o que ocorrerá antes de os alunos realizarem de fato o que pede cada pergunta.

As perguntas são:

- 1. O que acontece com a lata se aproximarmos a bexiga cheia (sem atritar no cabelo) da lata de refrigerante deitada sobre a mesa?*
- 2. O que acontece com a lata se atritarmos a bexiga aos cabelos e então a aproximarmos da lata?*
- 3. O que aconteceria se aproximássemos a bexiga pelo outro lado da lata (o lado oposto ao qual os estudantes aproximaram inicialmente)?*
- 4. O que aconteceria se aproximássemos a bexiga pelo lado que não foi atritado?*

Para a primeira pergunta, os alunos verificarão facilmente que nada acontece.

Ao atritar o balão nos cabelos, aproximar o balão da lata e realizar a atração da lata de refrigerante, deve-se iniciar a discussão sobre o movimento das cargas no interior do alumínio que constitui a lata. Durante a exposição das hipóteses, muitos erros podem ser encontrados.

O professor deve estar sempre atento a corrigir ou debater eventuais erros proclamados pelos alunos sem que isso estrague a dinâmica do experimento e se torne uma aula expositiva.

Para a terceira questão, não é desprezível a quantidade de alunos que afirma que a lata será repelida pela bexiga. A explicação provável para isso é que os alunos imaginam a lata como um corpo permanentemente polarizado, onde ao passo que se aproximar a bexiga de um lado atrai, do outro repele! Para esses alunos, o movimento dos portadores de carga no interior da lata de alumínio não foi compreendido e, uma atenção especial deve ser dada. O professor pode avaliar aqui se será necessário retomar a indução eletrostática em um momento futuro.

O aluno atento à discussão da questão anterior pode ter mais facilidade ao responder essa questão, uma vez que essa é uma pergunta que pode ser difícil para os alunos responderem sem o modelo mental de cargas móveis no interior do alumínio. O professor deve, sempre que necessário, prestar auxílio aos alunos corrigindo seus eventuais erros.

A título de correção da atividade, assim que o professor julgar que todos conseguiram, de certa forma ou plenamente, formular hipóteses plausíveis, a simulação disponível no site *physicsclassroom.com*<sup>3</sup> tem plenas condições de fornecer o auxílio visual das cargas em movimento.

Ao acessar a simulação o usuário tem a opção de aproximar bastões eletrizados de uma lata de alumínio. A lata é atraída pela barra, como se espera. Ao acessar a função ver cargas, a simulação permite a visualização de elétrons se movendo pela lata e os núcleos atômicos fixos. O aluno deve ser incentivado a comparar suas hipóteses com a simulação e questionar suas dúvidas.

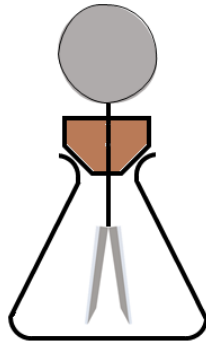
## Experimento 2 – Eletroscópio de folhas

Basicamente um eletroscópio de folhas é constituído por duas finas folhas metálicas e móveis, suspensas por um fio condutor que encontram-se no interior

---

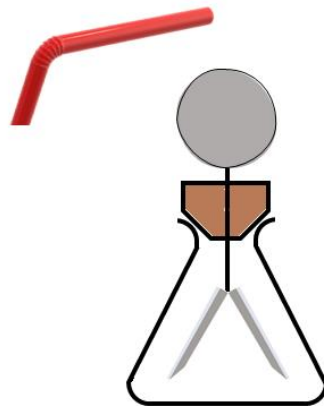
<sup>3</sup> <https://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Static-Electricity/Aluminum-Can-Polarization>

de um recipiente transparente (Figura 1). O experimentador aproxima um corpo eletricamente carregado do topo do eletroscópio e a "mágica" acontece (Figura 2)..



*Figura 1 - Eletroscópio descarregado. As folhas de alumínio permanecem juntas na vertical.*

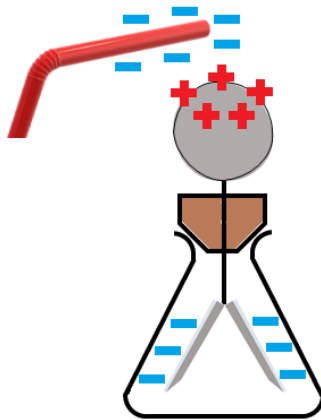
Alguns livros didáticos, trazem o funcionamento do eletroscópio, mas a discussão aprofundada de seu funcionamento, parece ser deixada apenas a cargo do professor. Para pessoas versadas em Física, essas simples ilustrações parecem dar cabo de explicar o fenômeno por trás do experimento, mas para estudantes que não se encontram com esses signos devidamente compreendidos, o desenho de alguns sinais de + e de - podem reforçar a explicação incorreta já formulada na cabeça do aluno (Figura 3). É imperativo recordar: os estudantes tendem a explicar esses fenômenos através de ideias como energia ou de que a carga é um ente físico isolado, ao invés de pensarem como partículas dotadas dessa propriedade.



*Figura 2 - Eletroscópio indicando a presença de um corpo eletricamente carregado. As folhas móveis de alumínio se separam.*

A defesa, aqui, é a de que o professor deve garantir que a explicação se dê através do movimento dos elétrons pelos corpos condutores que formam o eletroscópio. Algumas sugestões de perguntas para que o professor desafie essas concepções são:

- O que aconteceria se o fio fosse feito de nylon?
- O que aconteceria se o eletroscópio estivesse com as folhas metálicas expostas ao ar (sem o vidro em volta)?
- O que aconteceria se aproximássemos um ímã durante esse processo (certifique-se de ter construído o eletroscópio sem materiais ferromagnéticos)?
- O que aconteceria se o aluno estivesse segurando o eletroscópio pelo vidro com a mão?



*Figura 3 - Visualização da disposição da carga elétrica no eletroscópio. Os sinais positivos refletem um excesso de portadores de carga positiva e os sinais negativos refletem um excesso de portadores de carga negativa.*

As referidas questões são apenas sugestões para que o professor possa enriquecer o debate entre os alunos ou grupo de alunos. O importante nessa etapa é que o professor dê elementos para que os alunos tenham possibilidade de verificar a sua hipótese para o funcionamento do eletroscópio. Durante o debate, o professor deve estar pronto para intervir, quando julgar necessário, corrigindo pequenos pontos da hipótese formulada, para que o aluno seja capaz de reorganizar suas ideias, enquadrando-as nos novos conceitos apresentados durante essas intervenções.

A parte reservada para a explicação formal, onde os alunos podem verificar visualmente se o modelo mental por eles criado e a forma como eles os descreveram se enquadra no consenso científico, será feita através do aplicativo educacional

Como mostrado em alguns livros de Física, por padrão, a polarização dos materiais quando expostos a um campo elétrico externo é um simples desenho repleto de

sinais de + e -, ora distribuídos aleatoriamente, ora separados ao longo do corpo. Como já dito, a ideia de que partículas positivamente carregadas se movem pelo corpo é uma ideia presente nos alunos e que, se não for mudado, o mesmo pode acreditar ser capaz de explicar os fenômenos eletrostáticos dessa forma.

Várias simulações como a apresentada na seção anterior, do site *physicsclassroom*, vem de encontro com essa forma de apresentar os corpos polarizados. Dessa forma, o autor deste trabalho buscou algo no mesmo sentido no experimento do eletroscópio. As buscas foram infrutíferas e o desenvolvimento de um aplicativo educacional que suprisse essa necessidade foi desenvolvido.

O aplicativo educacional desenvolvido pode ser utilizado gratuitamente acessando o *website* <http://eletroscopio.nebulamkt.io>, ou instalando-o em um computador, diretamente através do referido *website*, para que não seja necessário o acesso à internet.

Sobre as funcionalidades, o aplicativo permite que o usuário eletrize um bastão de vidro de modo que ele possa ficar eletricamente positivo ou negativo. Além disso, o aplicativo mostra a simulação de dois átomos de ouro no modelo de Bohr. Um dos átomos simboliza a esfera do eletroscópio, enquanto o outro as folhas metálicas. Ainda, é possível visualizar partículas carregadas compondo o corpo, esfera e folhas do eletroscópio (Figura 4).

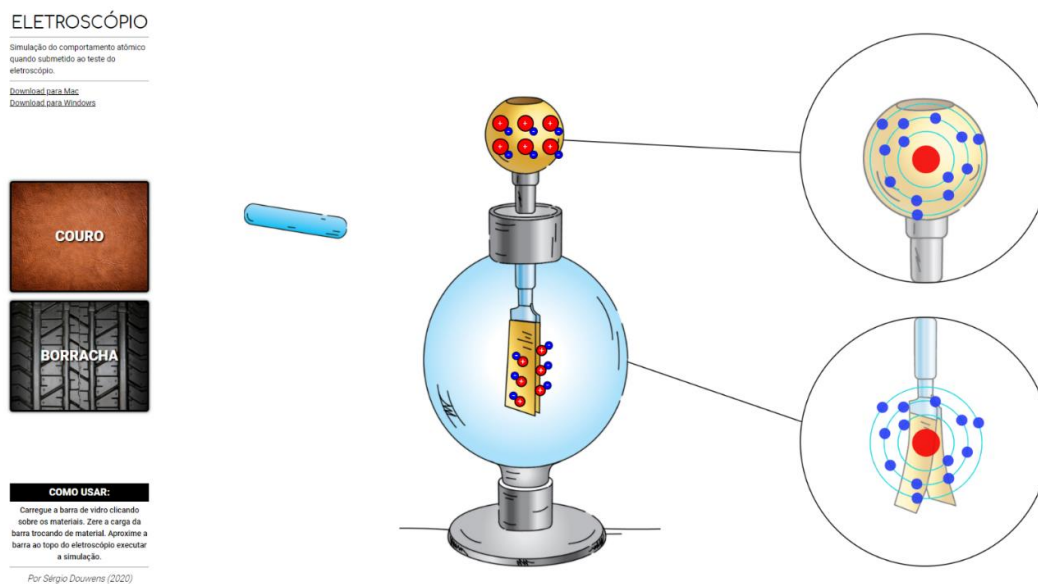


Figura 4 - Tela inicial do aplicativo educacional

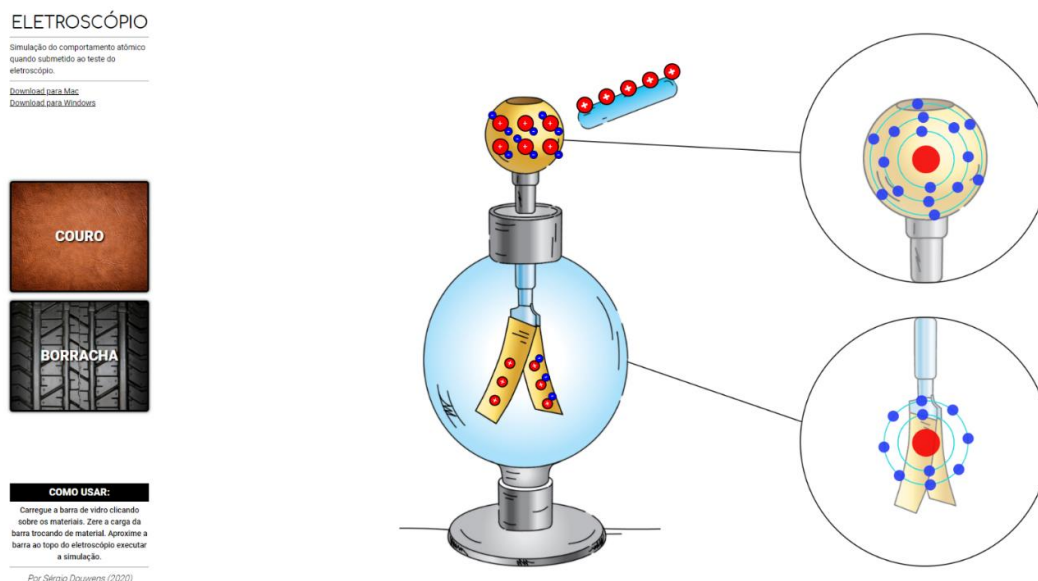
Ao aproximar o bastão, quando neutro, da esfera do eletroscópio, nada acontece com as folhas de ouro. Carregando o bastão, independente da carga desejada, ao

aproximar do eletroscópio, o usuário vê a abertura das folhas e o movimento de algumas das partículas rumo ao topo ou à base do eletroscópio, dependendo da carga escolhida para o bastão. Além disso, para evitar a compartimentalização dos conceitos, onde a carga seria um ente físico a parte, o mesmo movimento pode ser observado através dos átomos situados na lateral, simbolizando a esfera e as folhas do eletroscópio. Ao aproximarmos o bastão positivo (Figura 5), o usuário visualiza uma concentração de elétrons na esfera do eletroscópio e uma falta de elétrons nas folhas, indicando que as folhas estão eletricamente positivas e justificando o afastamento das mesmas.

Quando o bastão negativamente carregado se aproxima (Figura 6), ocorre um deslocamento das partículas negativamente carregadas para as folhas do eletroscópio, sugerindo que há um acúmulo de carga negativa nas folhas, ocasionando novamente sua repulsão entre si.

Obviamente, os elétrons que se movem nos condutores metálicos são, principalmente, elétrons livres. O modelo apresentado pela simulação mostra uma certa captura eletrônica por parte dos núcleos de ouro, o que de fato não ocorre.

Não encontramos uma forma didática e clara de representar o movimento dos elétrons e que estivesse de acordo com os modelos atômicos presentes no imaginário do estudante, que não fosse a apresentada.

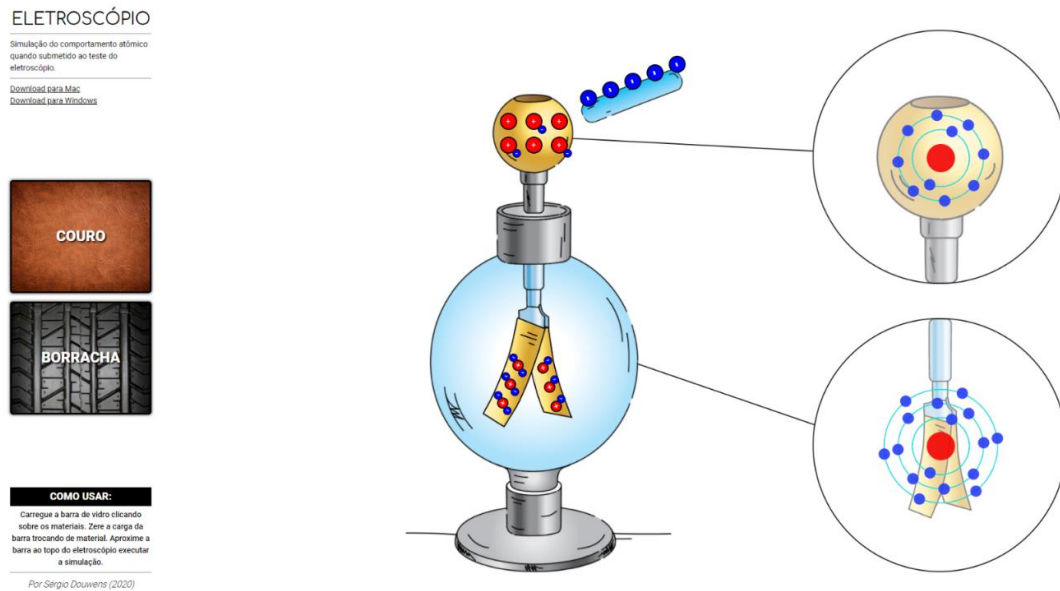


*Figura 5 - Bastão positivamente carregado*

A interface do aplicativo e sua utilização é bem intuitiva e clara, não havendo necessidade prolongar a explicação de seu funcionamento neste trabalho.



A defesa é que este aplicativo é um material com grande potencial de promover uma aprendizagem significativa no que se refere ao movimento dos elétrons no interior dos materiais. O professor pode utilizar a simulação para confrontar o modelo mental criado pelos estudantes ao explicar o funcionamento de um eletroscópio.



*Figura 6 - Bastão negativamente carregado*

## Aula 05 – Avaliação somativa

Esta aula tem como objetivo verificar como está a aprendizagem dos alunos até o presente momento. Para isso, é ofertado um modelo de avaliação de 4 níveis, onde o aluno deve assinalar a resposta, preencher a justificativa que julga adequada, bem como dar o seu nível de certeza da resposta. Dessa forma, o professor tem elementos para analisar como está sendo a real aprendizagem dos alunos e planejar suas próximas aulas com intencionalidade, buscando resgatar os conceitos defasados.

Essa avaliação na forma de questionário contém 5 questões adaptadas de vestibulares, tendo a adaptação apenas o objetivo de dificultar a procura por respostas online. Para cada uma das 5 questões apresentadas, foi introduzido 4 níveis de respostas, sendo eles:

Tabela 1: Modelo de questão para questionário de 4 níveis

	Questão a ser respondida pelo estudante
Nível 1	Resposta de múltipla escolha A. alternativa a B. alternativa b C. alternativa c D. alternativa d
Nível 2	O quão seguro está da resposta acima? A. seguro B. não seguro
Nível 3	Justificativa A. justificativa pré escolhida a B. justificativa pré escolhida b C. justificativa pré escolhida c D. justificativa livre para o estudante escrever
Nível 4	O quão seguro está da resposta acima? A. seguro B. não seguro

Para o questionário aplicado aqui representado, é conveniente ressaltar que a resposta correta para cada uma das questões é a alternativa a), no entanto, quando da aplicação do questionário, as alternativas foram organizadas aleatoriamente.

## QUESTIONÁRIO DE 4 NÍVEIS

1. Em uma solução salina existem  $3 \cdot 10^9$  cátions de cálcio duplamente ionizados ( $\text{Ca}^{++}$ ). Determine a carga elétrica líquida dessa solução salina sabendo que a carga elétrica fundamental é  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .
- a)  $1,9 \cdot 10^{-10}$  .      b)  $2,4 \cdot 10^{-10}$  .      c)  $8,0 \cdot 10^{-10}$  .      d)  $9,6 \cdot 10^{-10}$  .  
e)  $5,3 \cdot 10^{-10}$  .

O quão seguro você está da sua resposta?

( ) Muito seguro      ( ) Pouco seguro

Dê uma breve justificativa do seu raciocínio:

- a) Usar a fórmula  $Q = n \cdot e$   
b) Foi o valor mais próximo daquele que eu encontrei  
c) Chutei  
d) Usar "regra de três"  
e) Outros...

O quão seguro você está da sua justificativa?

( ) Muito seguro      ( ) Pouco seguro

2. As figuras 1 e 2 a seguir mostram as posições de um balão de aniversário antes (Figura 1) e depois (Figura 2) de o balão ser atritado contra uma blusa de lã.



Figura 1



Figura 2

Após o atrito, a blusa de lã fica positivamente carregada e o balão negativamente carregado. É correto afirmar que a blusa de lã sofreu um processo de

- a) adição de prótons      b) adição de nêutrons      c) remoção de prótons  
d) remoção de elétrons      e) remoção de nêutrons.

O quão seguro você está da sua resposta?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

Dê uma breve justificativa do seu raciocínio:

- a) Os elétrons, situados na eletrosfera do átomo, são as partículas móveis nos processos de eletrização
- b) Os prótons, que constituem a matéria, são as partículas móveis nos processos de eletrização
- c) Para que um corpo fique eletrizado positivamente ou negativamente, deve-se retirar ou adicionar nêutrons
- d) Fiquei em dúvida e chutei
- e) Outros...

O quão seguro você está da sua justificativa?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

3. Três bolinhas (X, Y e Z) isolantes e eletricamente neutras são suspensas por um fio de nylon, também isolante elétrico. Toca-se nas bolinhas com materiais eletricamente carregados e verifica-se que

- as bolinhas X e Y se repelem entre si e
- as bolinhas Y e Z se repelem entre si.

Podemos afirmar que

- a) as três bolinhas possuem cargas de mesmo sinal.
- b) X e Z contêm cargas de sinais opostos.
- c) X e Z não se eletrizaram.
- d) seguramente X, Y e Z são negativas.
- e) seguramente X, Y e Z são positivas.

O quão seguro você está da sua resposta?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

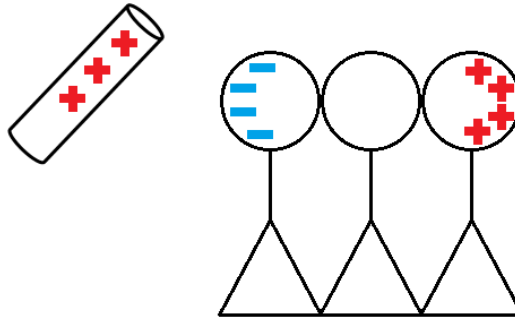
Dê uma breve justificativa do seu raciocínio:

- a) Não é possível saber qual o sinal das cargas nas bolinhas, apenas que elas devem ter o mesmo sinal
- b) Eles precisam ser positivas pois cargas positivas se repelem.
- c) Eles precisam ser negativas pois cargas negativas se repelem.
- d) Nem todas as bolinhas precisam estar eletrizadas, já que um corpo eletrizado com um corpo neutro, se repelem.
- e) Outros...

O quão seguro você está da sua justificativa?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

4. Duas esferas metálicas inicialmente neutras, apoiadas em suportes isolantes, são colocadas em contato. Um bastão carregado positivamente é aproximado da primeira esfera, como na figura abaixo.



Separam-se um pouco as duas esferas uma da outra e somente após isso, afasta-se o bastão. Assinale o diagrama que melhor representa a distribuição de cargas nas esferas.

- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

O quão seguro você está da sua resposta?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

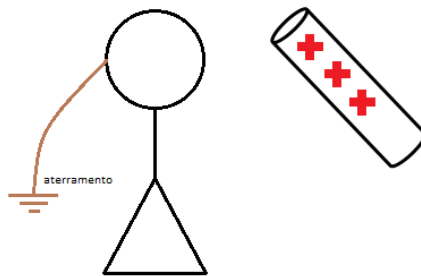
Dê uma breve justificativa do seu raciocínio:

- a) As esferas deixaram de se tocar, mas não ficaram muito longe uma da outra.
- b) Após se separarem, a carga se distribui uniformemente.
- c) Pois o bastão era positivo.
- d) Porque essa era a configuração original delas.
- e) Outros...

O quão seguro você está da sua justificativa?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

5. Inicialmente têm-se um bastão isolante eletrizado positivamente e uma esfera condutora neutra sobre um pedestal isolante. Aproxima-se o bastão da esfera e liga-se a esfera à terra, conforme ilustra a figura.



Em seguida, desfaz-se a ligação e somente depois afasta-se o bastão da esfera.

Durante o processo de eletrização do condutor houve

- a) migração de elétrons da terra para o condutor, eletrizando-o negativamente.
- b) migração de elétrons da terra para o condutor, eletrizando-o positivamente.
- c) migração de elétrons do condutor para a terra, eletrizando-o negativamente.
- d) migração de elétrons do condutor para a terra, eletrizando-o positivamente.
- e) migração de elétrons do condutor para o corpo isolante, eletrizando o condutor positivamente

O quão seguro você está da sua resposta?

( ) Muito seguro    ( ) Pouco seguro

Dê uma breve justificativa do seu raciocínio:

- a) O bastão induz as cargas no interior da esfera e permite que os elétrons venham da terra.
- b) As cargas positivas saltam do bastão, possibilitando a transferência de carga.
- c) A energia positiva ganha da energia negativa.
- d) Os elétrons podem saltar do corpo isolante para a esfera condutora.
- e) Outros...

O quão seguro você está da sua justificativa?

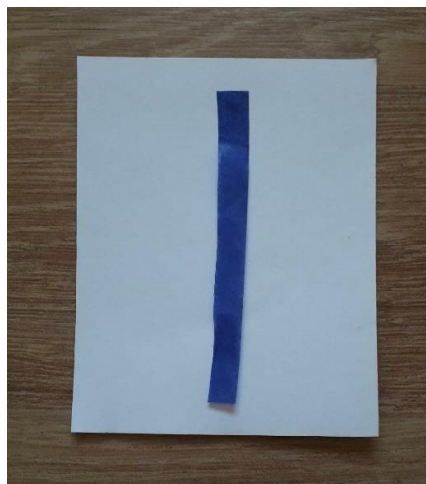
(  ) Muito seguro      (  ) Pouco seguro

## Aula 06 – Retomada dos conceitos

Como forma de avaliar a fluência nos conceitos de carga elétrica, bem como suas características, é proposto uma atividade experimental baseado no trabalho do Professor André Torres Koch Assis. Nela, o aluno ou grupo de alunos é instigado a explicar os fenômenos observados ao se eletrizar um eletroscópio feito de cartolina.

A julgar da necessidade do professor, essa atividade também pode servir de avaliação.

O processo de construção do eletroscópio de cartolina é bem simples e seu custo é praticamente nulo. Para tal é necessário um retângulo de cartolina de dimensões aproximadas de 10 cm por 5 cm, uma tira de papel de seda de aproximadamente 8 cm, um canudo plástico ou o corpo de uma caneta esferográfica de plástico, cola, fita crepe e um suporte isolante. Para o suporte, uma plaquinha de madeira ou um copo plástico de café com massa de modelar preenchendo o copo é o suficiente.

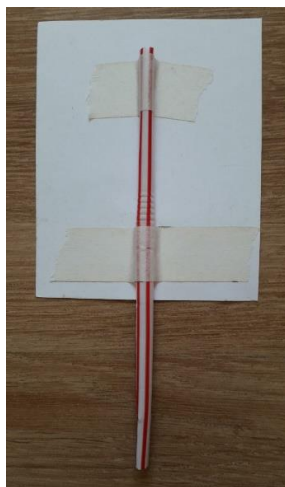


*Figura 7- Tira de papel de seda colada sobre a cartolina*

Com um pouco de cola, fixe a tira de papel de seda pela sua extremidade ao retângulo de papelão conforme a figura 7. Fixe a cartolina ao canudo plástico com a fita crepe (Figura 8). Fixe o canudo na base isolante e o eletroscópio deve se parecer com o da figura 9. Certifique-se de que o papel de seda se encontre bem liso e móvel.

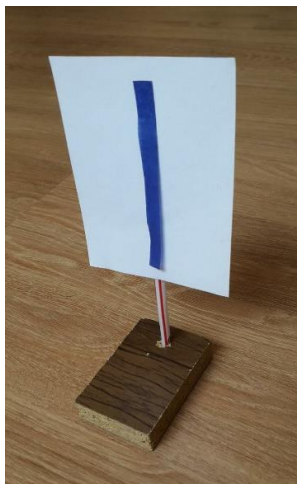
Apesar de ser muito simples, o eletroscópio de cartolina produz resultados impressionantes.





*Figura 8 - Cartolina colada sobre o canudo plástico*

Deve ser encorajado aos alunos construírem, cada um, o seu eletroscópio e testarem em casa aproximando um pente ou uma caneta atritada aos cabelos. Para André Assis o eletroscópio apresentado em fotos de livros didáticos, feitos com folhas de ouro ou outro metal, podem parecer muito distante da realidade para eles. Por conter ouro, deveria ser um instrumento caro. Assis diz ainda que o fato do eletroscópio ser construído com um vasilhame de vidro, muitos alunos podem pensar que há alguma espécie de vácuo ali dentro. Essas abordagens podem fazer com que o aluno não compreenda as explicações em sua totalidade, tornando as demonstrações pouco efetivas.



*Figura 9 - Eletroscópio de cartolina montado*

Para o desenvolvimento da atividade, divida os alunos em grupos e solicite que todos tragam seu eletroscópio construído para esta aula. É importante que cada um traga seu eletroscópio pois os alunos podem acabar amassando seu eletroscópio

no percurso até a escola, impossibilitando sua utilização. Além disso, os eletroscópios construídos com pouco zelo tendem a ter resultados menos expressivos. Dessa forma, você terá vários eletroscópios de reserva.

Nessa atividade os alunos podem seguir o roteiro proposto abaixo, com situações para que eles interajam com o eletroscópio.

### ROTEIRO PARA O ELETROSCÓPIO DE CARTOLINA

1. Atrite a régua com o guardanapo. Aproxime a régua da folha de seda do eletroscópio, sem encostar, e verifique se a folha é atraída conforme a figura abaixo. Explique como o processo ocorre. Lembre-se de utilizar argumentos consistentes.
2. Atrite a régua com o guardanapo. Esfregue a régua não muito rápido nem muito forte contra a cartolina, conforme a figura. Faça esse processo uma ou duas vezes e verifique se a folha de seda se mantém como mostrado abaixo. Explique como o processo ocorre. Lembre-se de utilizar argumentos consistentes.
3. Aproxime a régua eletrizada do eletroscópio pela frente e pela parte de trás enquanto ele está carregado após o passo anterior. Explique o fenômeno observado.
4. Encoste seu dedo na cartolina conforme indicado na figura abaixo. Verifique se o eletroscópio se comporta como ilustrado. Explique como o processo ocorre. Lembre-se de utilizar argumentos consistentes.
5. Aproxime a régua eletrizada pela parte de trás do eletroscópio, sem encostar e verifique se a folha se comporta conforme a figura abaixo. Explique como o processo ocorre. Lembre-se de utilizar argumentos consistentes.
6. Aproxime a régua eletrizada pela parte de trás do eletroscópio, sem encostar. Toque a parte da frente do eletroscópio com seus dedos enquanto mantém a régua como na instrução anterior. Pare de encostar no eletroscópio e, só então, afaste a régua. Verifique se o eletroscópio se apresenta como na figura abaixo. Explique como o processo ocorre. Lembre-se de utilizar argumentos consistentes.

7. Aproxime a régua eletrizada do eletroscópio pela frente e pela parte de trás enquanto ele está carregado após o passo anterior. Explique o fenômeno observado.

Os alunos, salvo raras exceções, têm grande dificuldade em conceber o deslocamento de cargas através da espessura da cartolina, de modo que muitos conseguem explicar os fenômenos visualizados até a questão de número 2. Após a questão 3, os alunos começam a aproximar o bastão eletrizado pela parte de trás do eletroscópio e para explicar esse fenômeno, o aluno deve ser capaz de visualizar a cartolina como um corpo polarizado. Apenas após intervenções do professor sobre esse ponto é que os alunos conseguiram compreender o que ocorria a nível atômico e conseguiram finalizar a atividade.

## Aula 07 – Avaliação da aprendizagem

Como forma de avaliar a evolução no desenvolvimento dos conceitos nos alunos é sugerida a reaplicação do questionário que foi aplicado no início desta sequência didática. Dessa forma, o professor é capaz de verificar se houve algum progresso coletivo ou individual dos seus alunos. Aqui, novamente, fica a cargo do professor determinar como pretende realizar a avaliação dos seus alunos.

## CONCLUSÃO

A sequência didática proposta, parte integrante do produto educacional, mostrou-se eficaz para o ensino de eletrostática na 3ª série do Ensino Médio. Os resultados obtidos com a aplicação desta sequência didática foram consistentes com aqueles observados através do ensino dito tradicional.

Além disso, os alunos que obtiveram instrução através da referida sequência didática mostraram possuir mais entendimento do conceito de carga elétrica, não necessitando recorrer a conceitos não correlatos ou a exemplificar em demasia como forma de tentar definir o conceito.

No mais, conclui-se que a sequência didática, o aplicativo desenvolvido e os testes aplicados podem ser aplicados na série final do Ensino Médio para o ensino de eletrostática promovendo aprendizagem superior àquela verificada através do ensino tradicional. Os alunos mostraram ser capazes de responder satisfatoriamente à testes com questões de vestibulares, além de demonstrarem maior apropriação do signo "carga elétrica" quando em face do resultado obtido pelos alunos instruídos através do ensino tradicional.

## REFERÊNCIAS

- ASSIS, A. K. T. Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade. [S.l.]: Apeiron Montreal, 2010.
- BINNIE, A. Using the history of electricity and magnetism to enhance teaching. *Science & Education*, Springer, v. 10, n. 4, p. 379–389, 2001.
- BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Os conceitos de eletricidade vítrea e eletricidade resinosa segundo du fay. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, SciELO Brasil, v. 29, n. 4, p. 635–644, 2007.
- CAMPBELL, D. T. Experimental and quasi-experimental designs for research on teaching. *Handbook of research on teaching*, Rand McNally, v. 5, p. 171–246, 1963.
- GASPAR, A. Museus e Centros de Ciências-conceituação e proposta de um referencial teórico. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 1993.
- GRIFFITHS, D. J. *Eletrodinâmica*. Tradução: Heloisa Coimbra. [S.l.]: São Paulo: Editora Pearson, ed, 2011.
- HERMITA, N. et al. Constructing and implementing a four tier test about static electricity to diagnose pre-service elementary school teacher’ misconceptions. In: IOP PUBLISHING. *Journal of Physics: Conference Series*. [S.l.], 2017. v. 895, n. 1.
- KNIGHT, R. D. Five easy lessons: Strategies for successful physics teaching. [S.l.]: AAPT, 2004.
- MOREIRA, A. M. Unidades de ensino potencialmente significativa-ueps. *Acesso em*, v. 24, 2017.
- MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. [S.l.]: Editora pedagógica e universitária São Paulo, 1999.
- MOREIRA, M. A. Ensino de física no brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista brasileira de ensino de física*. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99, 2000.
- MOREIRA, M. A.; ROSA, P. R. *Subsídios metodológicos para o professor pesquisador em ensino de ciências*. Pesquisa em Ensino: Métodos Qualitativos e Quantitativos. Porto Alegre: Ed. dos Autores, 2009.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica: Eletromagnetismo*. [S.l.]: Editora Blucher, 1997.

OLIVEIRA, M. K. d. Do biológico ao cultural: a contribuição de Vygotsky à compreensão do desenvolvimento humano. Trabalho apresentado no II Congresso Latino-Americano de Neuropsicologia e I Congresso Brasileiro de Neuropsicologia, de 2 a 6 de novembro, 1991.

OLIVEIRA, M. K. d. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento-um processo sócio-histórico. In: Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento-um processo sócio-histórico. [S.l.]: Scipione, 1993.

PACCA, J. L. et al. Corrente elétrica e circuito elétrico: algumas concepções do senso comum. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 20, n. 2, p. 151-167, 2003.

TAILLE, Y. d. L.; OLIVEIRA, M. K. d.; DANTAS, H. Piaget, Vygotsky, Wallon: Teorias psicogenéticas em discussão. [S.l.]: Summus editorial, 1992.

VYGOTSKY, L. A formação social da mente. SP. [S.l.]: Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, L. A construção do pensamento e da linguagem. [S.l.]: Martins