



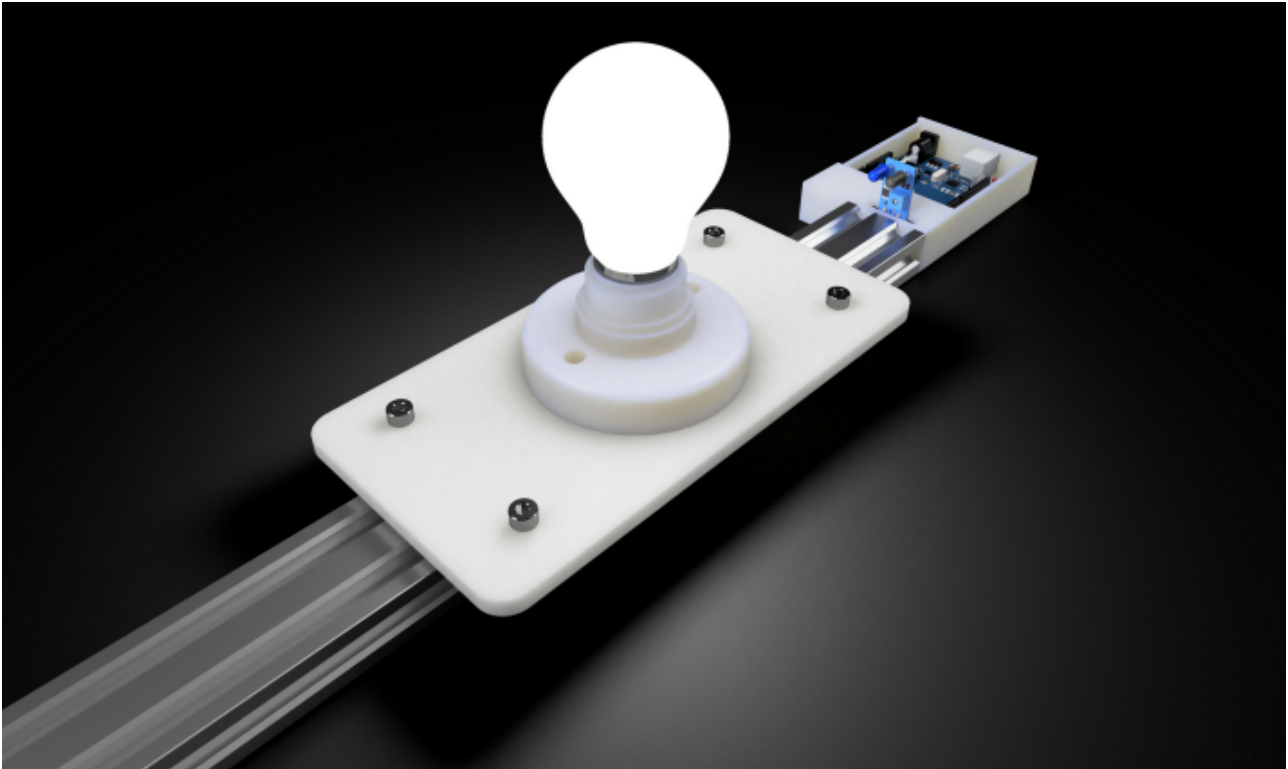
Produto Educacional

A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE LÂMPADAS:
uma Bancada Experimental

Júlio Francisco dos Santos Sousa

Brasília-DF
dezembro/2022

A Bancada Experimental



Introdução

Professoras e professores, este trabalho apresenta uma proposta original para o ensino de eletricidade ao final do Ensino Fundamental. O ensino de temas do Eletromagnetismo para jovens é um desafio, porque introduz conceitos abstratos, invisíveis aos olhos dos estudantes. Ao mesmo tempo, os fenômenos estão presentes em diversas aplicações cotidianas, como o funcionamento dos eletrodomésticos e as descargas elétricas da atmosfera. A curiosidade dos alunos para desvendar os mistérios da corrente elétrica é impaciente, mas às vezes é desmotivada por uma sequência de aulas que apresenta modelos abstratos, sem nenhum apelo à prática e à vida cotidiana.

Este Produto Educacional se dedica a apresentar a construção de uma bancada experimental para comparação de diferentes tipologias de lâmpadas, a partir da medição de

grandezas físicas que resultam no cálculo da eficiência energética. Além da construção, propõe-se a implementação da atividade experimental na sala de aula de Física.

A metodologia de ensino-aprendizagem escolhida para fundamentar as aulas é a Sequência de Ensino Investigativa (SEI), proposta por Carvalho (2013), aliando a investigação experimental à discussão dos procedimentos escolhidos pelos estudantes, em um ambiente que simula um laboratório profissional de pesquisa. É possível também acrescentar à sequência didática a leitura de textos de sistematização do conhecimento, em que são explanados os temas científicos, e textos de contextualização, em que são abordados temas socio-histórico-culturais que complementam a problematização do tema científico.

Acerca da utilização de atividades experimentais, corrobora-se a ideia que são elementos essenciais quando se pensa a inovação da sala de aula de Física, de forma a engajar os estudantes na manipulação de materiais e verificação de fenômenos. No entanto, as aulas com experimentos devem ser mais do que momentos de lazer ou recreação. Quanto melhor planejada, quanto mais objetivos didáticos puderem ser atingidos, melhor será a construção do conhecimento científico, ao se investigar com detalhes os parâmetros que envolvem um fenômeno.

É certo que há muita dificuldade em se implementar atividades práticas: poucos ou nenhum recurso financeiro para adquirir materiais; falta tempo e espaço; há pouca formação para o professor; não há incentivo da escola. Ainda assim, reforça-se a utilização, quando é possível, porque é evidente a diferença de motivação dos estudantes no ato de aprender física.

Neste documento, é proposta a implementação de um experimento de bancada para análise de grandezas relacionadas ao brilho e ao consumo energético de lâmpadas. A Bancada Experimental (BE) foi elaborada para que os estudantes tivessem contato com um ambiente instigante de investigação, de forma a fazê-los analisar e criticar o uso de diferentes tipologias de lâmpadas à luz da medição de grandezas físicas. A análise de eficiência energética das lâmpadas faz parte de uma sequência de aulas em que se problematiza o consumo de energia elétrica na residência dos estudantes. A BE é um elemento agregador que propõe aproximar os estudantes da temática científica e o problema social associado.

Os pré-requisitos técnicos para o professor

Para a confecção deste produto, são necessários alguns pré-requisitos para o professor de Física ao escolher implementá-lo. A primeira habilidade demandada é a familiaridade com projetos de eletrônica e programação, mais especificamente com a plataforma Arduino e seus componentes. Em síntese, Arduino é uma placa com circuitos eletrônicos que agrega um microcontrolador programável e alguns pinos de saída e entrada de sinais digitais e analógicos, que permitem fazer medições de grandezas do ambiente (utilizando sensores), bem como responder externamente a comandos, seja fazendo girar um motor ou acendendo um LED.

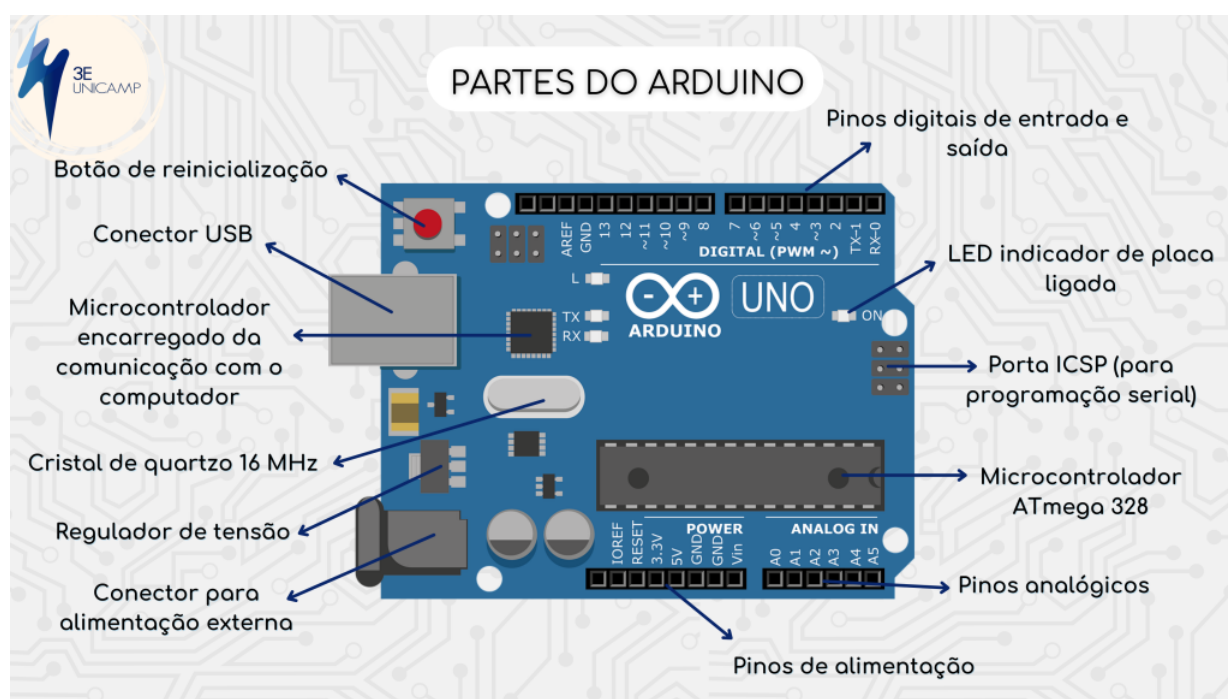


Figura 0.1: elementos de uma placa Arduino UNO. Fonte: 3EUnicamp(2022).

Por se tratar de uma tecnologia *open source* (código aberto), são incontáveis os projetos realizados por desenvolvedores, makers, pesquisadores, professores e estudantes, em todo o mundo, como um projeto de controle de acesso mostrado na figura 0.2. Os produtos são livremente disseminados por uma interface básica de programação (linguagem C/C++) e uma extensa linha de produtos de fácil conexão com a plataforma (Arduino, 2022). Para maiores informações, existem vários cursos e materiais que são amplamente difundidos na internet. Recomenda-se o canal de vídeos do Youtube Manual do Mundo ou os cursos da página FelipeFlop, ambos mencionados nas referências, como forma a se inserir no mundo mágico de automação maker.

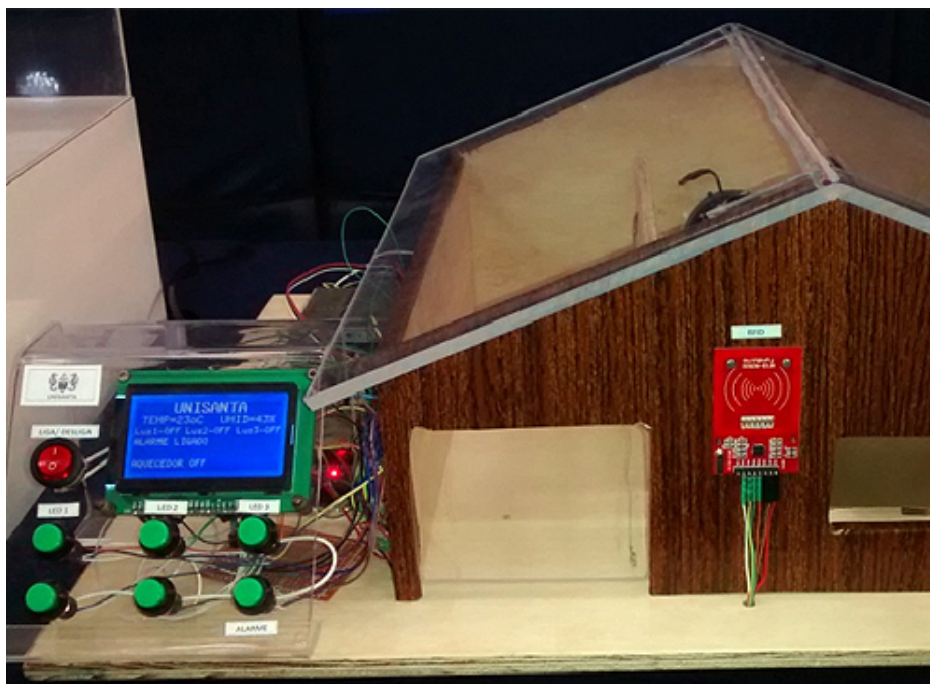


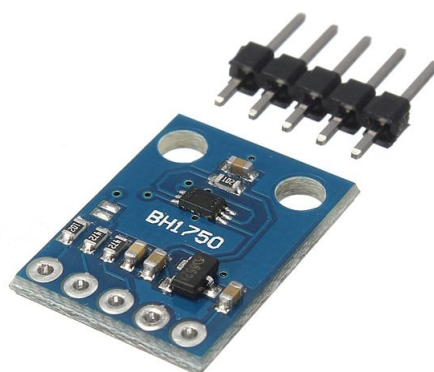
Figura 0.2: sistema de controle de acesso para portas automáticas. Fonte: Unisanta (2022).

O experimento didático usando Arduino tem se mostrado popular nas aulas práticas de Física e em feiras de ciências, estando contemplados em vários artigos na área. Por sua versatilidade, a plataforma funciona como um elemento enriquecedor, ao inserir a tecnologia como uma ferramenta para a construção do conhecimento, tornando significativos os resultados de ensino e aprendizagem (Martinazzo et al., 2014; Souza et al, 2011; Cavalcante, Tavolaro e Molisani, 2011).

Além da habilidade com Arduino, outra demanda é um entendimento com projetos de construção mecânica, desde escolha de materiais até processos de corte e montagem. No entanto, a falta de habilidade manual com esses ofícios não é um agravante. Se for o caso, basta que o professor consiga projetar e auxiliar profissionais de prototipagem. Para a construção mecânica da bancada descrita no trabalho de referência, foi firmada uma parceria entre o autor, a escola em que foi aplicado o produto e uma empresa júnior de Engenharia Mecânica. Essa parceria se deu quando a direção da escola se interessou por investir na confecção de um protótipo mais robusto e com maior durabilidade para o projeto. A construção da bancada, porém, pode ser feita utilizando materiais alternativos, no caso de menor orçamento. São sugeridos trilhos de gavetas, fios elétricos e régua, por exemplo.

O início da ideia

A ideia primordial da BE foi retirada do artigo de Guadagnini, Rocha e Barlette (2019). Nesse texto, os autores apresentam a construção de um medidor de iluminância, denominado luxímetro, baseado no sensor BH1750, da fabricante Rohm Semiconductor. Esse sensor mede a luminosidade do ambiente em uma faixa de 0 a 65535 lux (unidade de iluminância), já calibrado de fábrica. Com uma grande precisão, este sensor foi fabricado para controle de luminosidade de telas de LCD em celulares (Rohm, 2014). Ele é comumente encontrado no mercado em um módulo mais condensado, de mais fácil utilização em microcontroladores, chamado GY-302 .

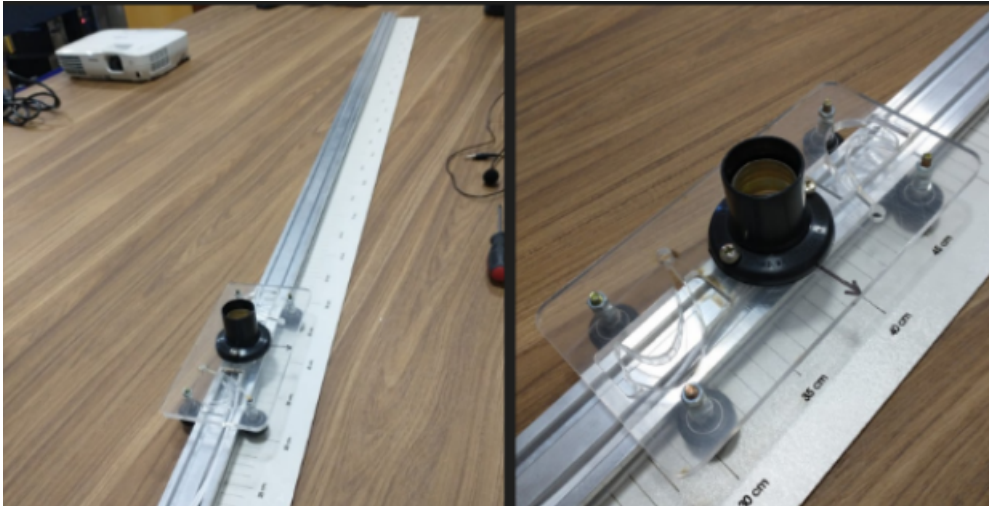


*Figura 0.3: o módulo GY-302 com o sensor de luminosidade BH 1750 e pinos de conexão
Fonte: FilipeFlop (2022).*

No artigo citado, é feito um estudo para viabilidade de integração desse sensor com a plataforma Arduino, para produção de iniciativas pedagógicas e experimentais no Ensino de Física. O Arduino tem o papel de aquisição de dados: ele recebe o sinal do sensor e operacionaliza a demonstração dos valores, de forma bruta ou apurada, utilizando gráficos ou displays de consulta. Apesar de objetivar o uso em sala de aula, o artigo não propõe uma sequência didática, porém faz sugestões sobre possíveis usos da proposta. Uma das sugestões é a construção de um arranjo experimental que conecte a medição de iluminância à medição de energia elétrica para estudo de diferentes tipologias de lâmpadas. A Bancada Experimental aqui construída é fruto dessa sugestão, aliando o referencial técnico dos autores do artigo à proposta didática de análise da eficiência energética.

A construção da Bancada Experimental

A Bancada Experimental consiste de uma base de madeira com trilho metálico, com 1,5 m de comprimento, graduado em centímetros. Um bocal universal para lâmpada é colocado sobre um suporte acrílico que se movimenta linearmente sobre o trilho, por meio de rolamentos.



*Figura 0.4: detalhes da Banca Experimental: o trilho graduado e a plataforma para o bocal
Fonte: próprio autor.*

Em uma extremidade desse trilho, há a instalação do luxímetro (módulo sensor GY-302) sobre uma caixa protetora que também acomoda uma placa Arduino Uno. O sensor foi posicionado a 90° do plano por onde desliza a plataforma com a lâmpada, de forma a receber a luz direta da fonte.

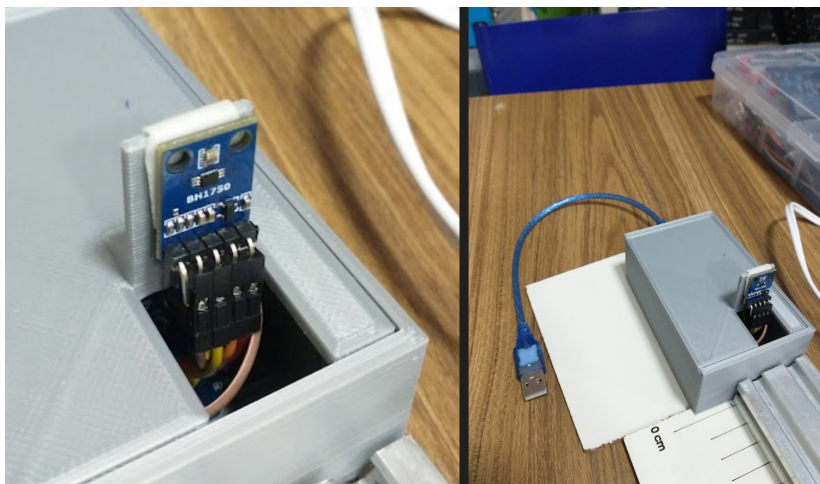


Figura 0.5: detalhes da Banca Experimental: a case com o sensor e o Arduino. Fonte: próprio autor

A aquisição de dados consiste de duas etapas:

- i o sensor envia os dados de iluminância, em lux, para o Arduino, por meio de um canal de comunicação digital, denominado I²C. I²C significa Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado). Esse canal consiste de uma interface serial de transporte de dados por duas vias: a via SDA de transmissão e recepção alternadas (comunicação half-duplex); e a via SCL, de clock, para sincronização dos dispositivos. A conexão, no entanto, tem baixa velocidade, uma média de 100 kbit/s, porém esse protocolo permite conectar vários sensores com apenas dois fios (Mundo Projetado, 2022). Como a aplicação da bancada não exige tal velocidade, esse canal de comunicação é suficiente;
- ii a leitura do sensor é feita a cada segundo. Para simplificação do código, não foi utilizado nenhum filtro de dados. Como o próprio dado de iluminância deveria ser apresentado aos estudantes no momento em que ele movesse a plataforma, essa frequência de dados seria suficiente para ele perceber a mudança de leitura. O valor da iluminância do ambiente é mostrado em um display digital, do tipo de 7 segmentos, com 4 dígitos, o que abrange uma faixa de valores de 0 a 9999, suficiente para a verificação do brilho das lâmpadas.

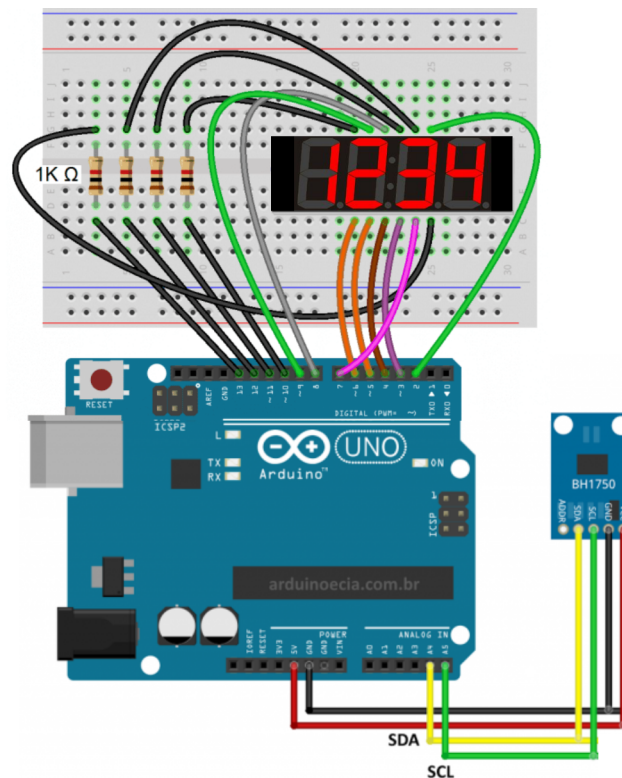


Figura 0.6: esquema eletrônico do sistema de aquisição de dados Fonte: próprio autor.

As terminações elétricas do sensor podem ser conectadas diretamente à placa Arduino, nos bornes de alimentação e nas entradas analógicas. A montagem do display digital pode ser verificada no site do Blog da Robótica (2022). A placa Arduino precisa ser alimentada externamente, por uma fonte de alimentação, com até 12 V de tensão e corrente de 3 A.

A plataforma com o bocal tem uma terminação de alimentação elétrica de corrente alternada, para ser conectada à tomada. No fio de alimentação, há um interruptor para que os estudantes possam acionar a lâmpada com facilidade. Em um primeiro esboço do projeto, em vez de um interruptor, seria colocado um dimmer, para facilitar a mudança de brilho da lâmpada. Esse detalhe enriqueceria a investigação do consumo de energia. Porém, nem todas as lâmpadas residenciais respondem ao dispositivo, o que poderia limitar a diversidade dos elementos a serem pesquisados.



Figura 0.7: Detalhe da Bancada Didática: o interruptor na alimentação da lâmpada Fonte: próprio autor.

Para medição de corrente elétrica eficaz, foi usado um amperímetro alicate, que faz a medição por indução eletromagnética, ao se colocar o medidor em torno do fio de alimentação. Tomou-se o cuidado de separar os cabos de fase e neutro para fazer a leitura de corrente em apenas uma via, como é ensinado na Figura 0.8 Se o sensor envolvesse a dupla de fios, a corrente líquida seria nula, pois o fluxo magnético envolvido tem sentidos opostos e mesma intensidade.

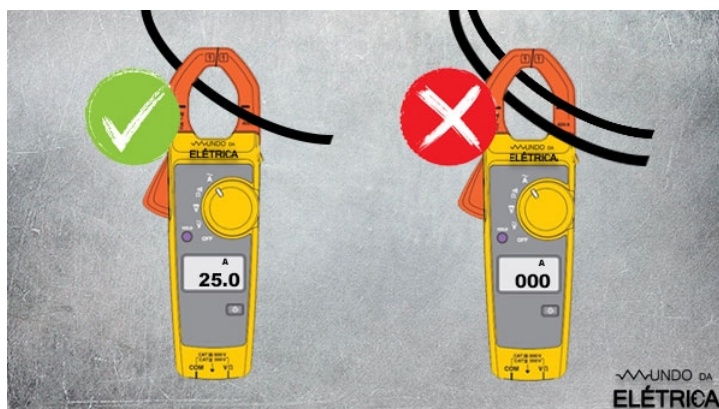


Figura 0.8: Uso correto e incorreto do amperímetro alicate. Fonte: Mundo da Elétrica (2022).

O objetivo da construção da Bancada Experimental é proporcionar aos estudantes a manipulação de grandezas físicas associadas à eficiência de lâmpadas, deixando-os explorar diferentes contextos em sua investigação, como:

- i. a variação de iluminância de uma lâmpada em relação à distância da lâmpada ao sensor, ao se deslocar a plataforma móvel no trilho.
- ii. a correlação entre a iluminância de uma lâmpada e a intensidade de corrente elétrica, ao se verificar os valores nos dois dispositivos de medida (luxímetro e amperímetro).
- iii. a comparação entre diversas tipologias de lâmpadas, sejam elas incandescentes, fluorescentes, halógenas ou de LEDs, de diferentes potências e formatos, graças ao bocal universal.

O projeto mecânico foi baseado em esboços próprios do autor, em colaboração com a equipe da TECMEC (UnB). Já o software de aquisição de dados e a prototipagem eletrônica foram inteiramente desenvolvidas pelo autor. Todos os arquivos para prototipagem da parte mecânica e a programação do sistema de aquisição de dados são disponibilizados na Bibliografia, em uma pasta compartilhada do Google Drive. Nesta pasta, há também vídeos do funcionamento da Bancada.

A sequência de aulas investigativas

A estratégia para inserir a Bancada Experimental em aulas investigativas consiste na sequência de três atividades experimentais, intercaladas por discussões sobre os procedimentos que os estudantes experimentaram em cada parte. Entre as aulas experimentais é possível elaborar um momento de sistematização do conhecimento, onde são apresentados os conceitos físicos abordados na prática. Também, sempre que possível, são recomendadas leituras de textos de contextualização, de forma a associar os conhecimentos científicos a aspectos sociais, culturais e históricos.

A experimentação não precisa acontecer em um laboratório. Uma sala de aula é suficiente para que aconteça a investigação. A única restrição é que a sala consiga permanecer escura durante os testes, porque a luz solar ou a iluminação artificial podem interferir na medição do luxímetro.

As aulas investigativas propostas são:

1. investigação da relação entre brilho da lâmpada e distância à superfície iluminada;
2. investigação do consumo energético da lâmpada;
3. investigação da eficiência energética da lâmpada;

Para cada investigação, é sugerido um roteiro com questões-problema para auxiliar os estudantes na execução de suas ações. Para iniciar as investigações, divide-se os estudantes em grupos. Cada grupo recebe um questionário e um kit com lâmpadas de diferentes tipologias e potências, distribuídas de forma a cada kit ser único para os diferentes grupos. É sugerido que os alunos permaneçam com o mesmo kit em todas as atividades, para efeito de comparação entre os resultados. Os kits podem conter lâmpadas de LED, incandescentes e fluorescentes. É necessário apresentar os componentes da Bancada, os aparelhos de medição e o kit com lâmpadas.

Além disso, alguns cuidados de segurança devem ser compartilhados com os estudantes, não só com a segurança pessoal, mas também com o cuidado com a Bancada. Os cuidados são:

- i. tomar cuidado com o uso da tomada e durante a troca de lâmpadas, que evitassem tocar nos terminais metálicos do bocal e das lâmpadas, por risco de choque;

- ii. evitar deixar as lâmpadas em locais com risco de queda, pois as lâmpadas facilmente podem ser quebradas, o que poderia provocar risco de cortes, lesões e até intoxicação por gases, no caso das lâmpadas fluorescentes que contém mercúrio em sua composição;
- iii. evitar que olhassem diretamente para a lâmpada quando acesa, pois elas emitem grande quantidade de radiação, apesar de não-ionizante, mas que podem incomodar a visão;
- iv. evitar manusear as lâmpadas em uso ou logo quando são desligadas, pois elas esquentam - nesse caso, verificar antes da troca se está em uma temperatura favorável ao contato;
- v. evitar mexer no circuito eletrônico de aquisição de dados, porque era um sistema sensível e qualquer mal contato nos componentes ou fios poderiam atrapalhar na medição.

As questões a ser respondidas para a **Investigação 1** são:

1. As lâmpadas emitem a mesma intensidade de brilho? Ou diferentes? Que lâmpada tem maior brilho? E menor? Descrevam os procedimentos.
2. Há alguma posição em que diferentes lâmpadas têm o mesmo brilho? Quais são essas posições? Entre quais lâmpadas? Qual o brilho medido? Descrevam os procedimentos.
3. Qual a relação entre o brilho e a distância que a lâmpada está do luxímetro? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.
4. Como lâmpadas conectadas à mesma tomada têm diferentes brilhos? Desenvolvam uma hipótese/explicação para responder a pergunta.

As questões a ser respondidas para a **Investigação 2** são:

1. As lâmpadas consomem a mesma quantidade de corrente elétrica? Ou diferentes? Que lâmpada consome mais? E menos? Descrevam os procedimentos.
2. Qual a relação entre a corrente e a distância que a lâmpada está do luxímetro? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.

3. Qual a relação entre a corrente elétrica e a potência elétrica, em watts (W), descrita na lâmpada? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.
4. Como lâmpadas conectadas à mesma tomada consomem diferentes correntes? Desenvolvam uma hipótese/explicação para responder a pergunta.

As questões a ser respondidas para a **Investigação 3** são:

1. Qual a lâmpada e em que posição ela deve ser colocada para ser a melhor para a experiência de leitura de um livro? Descrevam os procedimentos.
2. A lâmpada que consome mais corrente tem o maior brilho? E a que consome menos corrente tem o menor brilho? Qual a relação entre brilho e consumo de corrente? Há alguma relação numérica entre os valores obtidos? Descrevam os procedimentos.
3. Qual a lâmpada é mais eficiente, isto é, que emite um maior brilho com um menor consumo de corrente elétrica? Descrevam os procedimentos.

Quando os alunos resolverem todos os problemas, inicia-se a discussão, em que os estudantes vão trocar resultados sobre suas experimentações. O professor media a discussão, sempre interessado em resgatar os conhecimentos que os estudantes adquiriram na atividade. Além disso, o professor deve comandar um ambiente de respeito, para que as argumentações e pontos de vista possam ser debatidos em harmonia. No final, o que deve prevalecer é o espírito científico.

Ao final, espera-se que os estudantes estejam satisfeitos com as descobertas. A mudança de paradigma, do tradicional para o investigativo, é uma experiência desafiadora para o professor, mas é infinitamente mais transformadora para os estudantes. A contextualização, a experimentação, a argumentação e a interação social são essenciais para a aprendizagem e devem ser os alicerces primordiais para o futuro do ensino de Ciências. Assim, há uma esperança para o desafio que é ensinar (e aprender) Física nas escolas de Ensino Básico no Brasil.

Bibliografia

3EUNICAMP. *Dispositivo: Conhecendo as partes do Arduino Uno*. Disponível em: <<https://3eunicamp.com/arduino-entenda-mais-sobre-essa-versatil-plataforma/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

ARDUINO. *What is Arduino?* Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

BLOG DA ROBOTICA. *Como utilizar display de 7 segmentos com 4 dígitos – cátodo comum com Arduino*. Disponível em: <<https://www.blogdarobotica.com/2022/06/30/como-utilizar-display-de-7-segmentos-com-4-digito-catodo-comum-com-arduino/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503, 2011.

DRIVE DE JÚLIO. *Link para Arquivos da Bancada Experimental e Resultados da Sequência Didática referentes à dissertação de Sousa, J.F.S. (2022)*. Disponível em: <<https://m5.gs/NDVqdX>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

FILIFELOP. *Sensor de Luz BH1750FVI Lux*. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luz-bh1750fvi-lux/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

GUADAGNINI, P. H.; ROCHA, F. S. da; BARLETTE, V. E. Um medidor de luminosidade com módulo sensor integrado e aquisição automática de dados com aplicações didáticas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 41, n. 3, p. e20180294, 2019.

MARTINAZZO, C. A. et al. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. *Perspectiva*, Erechim, v. 38, n. 143, p. 21–30, 2014.

MUNDO DA ELÉTRICA. *Como usar alicate amperímetro? Tudo que você precisa saber!* Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/como-usar-alicata-amperimetro-tudo-que-voce-precisa-saber/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

MUNDO PROJETADO. *I2C protocolo de comunicação*. Disponível em: <<https://mundoprojetado.com.br/i2c/>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

ROHM SEMICONDUCTOR. *Digital 16bit Serial Output Type Ambient Light Sensor IC*. Disponível em: <https://www.wemos.cc/en/latest/_static/files/bh1750fvi-tr.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SOUZA, A. R. de et al. A placa arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo pc. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 1, p. 1702, 2011.

UNIVERSIDADE SANTA CECÍLIA. *Faculdade de Engenharia apresenta novos projetos na plataforma Arduino*. Disponível em: <<https://noticias.unisanta.br/ciencia-tecnologia/faculdade-de-engenharia-apresenta-novos-projetos-na-plataforma-arduino>>. Acesso em: 07 nov. 2022.