



Da queda livre à lâmpada acesa: construção de protótipo didático para o ensino de conversão energética

Maria Lúcia Arent Haiduk | marialucia.haiduk@aluno.ifsc.edu.br¹

Douglas Roweder | douglas.roweder@aluno.ifsc.edu.br¹

Diogo Rotta Stahlke | diogo.stahlke@aluno.ifsc.edu.br¹

Julio Eduardo Bortolini | jbortolini@ifsc.edu.br²

Joelma dos Santos Garcia Delgado | joelma.garcia@ifsc.edu.br³

Clodoaldo Machado | clodoaldo.machado@ifsc.edu.br⁴

Trabalho de Ensino e Pesquisa

DT 4 – Inovação Tecnológica, Processos Produtivos e Futuro das Tecnologias

Resumo:

Este trabalho relata o desenvolvimento de um protótipo didático para demonstrar a conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica. Realizado por estudantes do Curso de Licenciatura em Física do IFSC, Câmpus Jaraguá do Sul - Centro, no âmbito da Unidade Curricular de Princípio das Ciências, o trabalho combinou revisão bibliográfica, construção experimental e testes em laboratório. O protótipo utiliza uma massa de 8,55 kg que, ao cair, aciona polias e correia conectadas a um motor de corrente contínua (CC) operando como gerador, produzindo eletricidade para acender lâmpadas LED. Os resultados confirmaram o funcionamento e exigiram ajustes no circuito, com diodo retificador e resistor de proteção. Como produto complementar foi produzido um vídeo disponibilizado via QRCode. O projeto demonstra viabilidade técnica para ser replicado e apresenta potencial para a discussão e visualização de diversos princípios científicos.

Palavras-chave: protótipo didático; energia mecânica; indução eletromagnética; conservação de energia; sustentabilidade energética.

Introdução

A conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica reúne, num único experimento, conceitos que percorrem a física clássica como trabalho, conservação de energia e indução eletromagnética. Esses temas são frequentemente ensinados de forma fragmentada, sem que os estudantes percebam a continuidade entre eles (Valente, 1993). Um experimento de bancada e uma usina hidrelétrica obedecem aos mesmos princípios físicos — o que torna o ensino de conversão energética uma discussão ao mesmo tempo

¹ Estudante do curso de Licenciatura em Física – IFSC Jaraguá do Sul

² Docente de física do IFSC, Câmpus Jaraguá do Sul - Centro

³ Docente de biologia do IFSC, Câmpus Jaraguá do Sul – Centro

⁴ Docente de química do IFSC, Câmpus Jaraguá do Sul - Centro

científico e socialmente relevante, conectado ao desafio contemporâneo da transição para fontes limpas de energia.

A formação docente em Física exige que o licenciando vivencie o processo investigativo, e não apenas observe resultados prontos. Pesquisas sobre o ensino experimental de física apontam que protótipos concretos favorecem a compreensão de conceitos abstratos, tornando visíveis relações entre grandezas que, de outra forma, permanecem restritas à formalização matemática (Borges, 2002; Araújo; Abib, 2003). A questão que orienta este trabalho é: como demonstrar, em escala laboratorial e com baixo custo, essa conversão de forma visível e pedagogicamente acessível? O objetivo geral foi construir um protótipo didático de baixo custo e investigar, por meio dele, a conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica.

Fundamentação teórica

Conforme Sguazzardi (2014), energia designa a grandeza física relacionada à capacidade de um sistema realizar trabalho. A energia é escalar, conservada nas transformações físicas, e se manifesta em diferentes formas: térmica, química, mecânica e elétrica (Halliday; Resnick; Walker, 2016a). Borges (2002) e Araújo e Abib (2003) mostram que o laboratório escolar, quando bem estruturado, aproxima o estudante dos fenômenos físicos que as equações apenas representam — razão que fundamenta a construção do protótipo.

A energia mecânica (E_m) de um sistema é a soma das energias cinética (E_c) e potencial (E_p) que pode ser resumida na equação:

$$E_m = E_c + E_p$$

neste caso, a energia potencial é gravitacional segue sendo:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

onde m é a massa, g a aceleração da gravidade e h a altura em relação ao referencial. Quando o corpo desce, essa energia armazenada converte-se em energia cinética e, com gerador acoplado, em energia elétrica. O mesmo princípio encontra-se presente em usinas hidrelétricas e no protótipo deste trabalho.

A conversão entre energia mecânica e elétrica é mediada pelo fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Faraday no século XIX. A Lei de Faraday estabelece que

uma força eletromotriz é induzida em um condutor quando o fluxo magnético que o atravessa varia no tempo; a Lei de Lenz determina que a corrente induzida se opõe à variação que a originou. Em um motor de corrente contínua (CC) operando como gerador, a rotação de uma bobina em campo magnético produz essa variação e gera corrente elétrica (Halliday; Resnick; Walker, 2016b). Esse componente converte o movimento rotacional em corrente de sentido único, o que o torna adequado para demonstrações laboratoriais.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa é de natureza aplicada e experimental, de caráter exploratório-descritivo. O projeto foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular (UC) Princípio das Ciências, do Curso de Licenciatura em Física do nosso câmpus. A ementa desta UC prevê a elaboração de projetos de extensão com a construção de aparatos científicos voltados ao ensino e a espaços não formais de aprendizagem, sob abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) e metodologias ativas (Berbel, 2011). O desenvolvimento ocorreu em três etapas: revisão bibliográfica, construção do aparato e testes experimentais.

A revisão bibliográfica abrangeu obras de física clássica e documentos sobre energia renovável e indução eletromagnética. A construção foi realizada nos laboratórios de física do câmpus usando a estrutura disponível.

O aparato, detalhado na Figura 1, é composto por estrutura em alumínio de 1,80 m sobre base de madeira, massa de 8,55 kg, sistema de polias com correia confeccionada sob medida, cabo de 4 m, motor de corrente contínua (CC) operando como gerador, circuito elétrico com diodo retificador, resistor de 1 k Ω , lâmpadas, abraçadeiras tipo U de 35 mm (fixação do motor-gerador) e 25 mm (fixação do cano de PVC), porcas, arruelas, fita isolante, estanho para solda, lixa e pés niveladores de borracha.

O custo estimado de replicação completa, considerando os 39 componentes utilizados, é de R\$ 642,00, conforme Apêndice A. Os testes envolveram verificação do acionamento, análise da eficiência no acendimento de lâmpadas de diferentes potências e documentação por registros fotográficos e audiovisuais. O projeto gerou um produto de extensão no qual, foi produzido um vídeo disponibilizado via QRCode fixado na base do aparato.

Figura 1 – Componentes técnicos do protótipo: (A) vista superior da base; (B) motor-gerador CC com LED aceso; (C) rolamentos, polia e correia; (D) polia motriz e sistema de transmissão; (E) painel elétrico; (F) vista superior da cadeia de transmissão completa.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

No campo da divulgação e do ensino experimental, o tema também aparece em materiais audiovisuais produzidos por outros grupos, como no vídeo Experimentos Motivacionais de Física - Transformação de Energia Mecânica em Elétrica⁵.

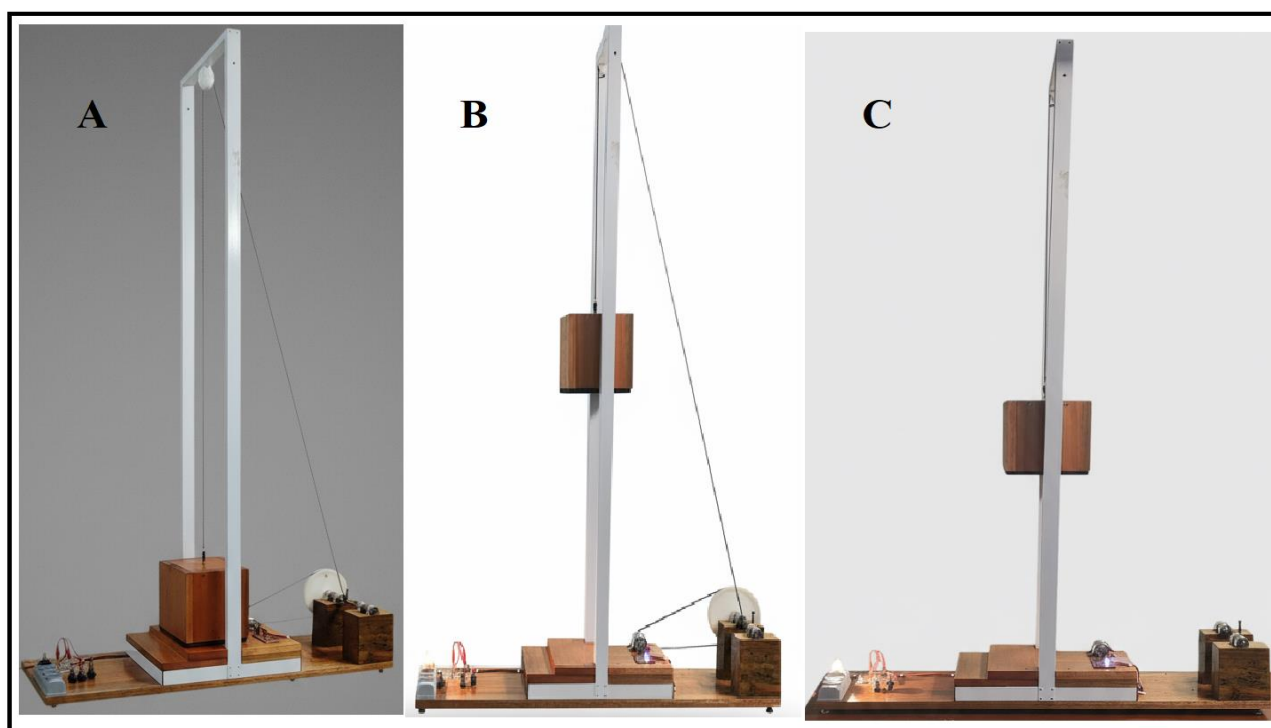
Resultados e discussões

O protótipo confirmou, em condições reais de laboratório, que a demonstração da conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica é viável a partir do uso de materiais de baixo custo. A cadeia de transformação foi verificada experimentalmente: a) o trabalho para elevar a massa armazena energia potencial; b) Ao ser liberada, essa massa aciona via polias e correia o motor CC operando como gerador, que c) gera corrente elétrica por indução eletromagnética. A sequência operacional do protótipo está registrada na Figura 2. O acendimento das lâmpadas confirma o objetivo geral e torna o princípio da conservação de energia observável.

⁵ Exemplo de material audiovisual correlato: Experimentos Motivacionais de Física - Transformação de Energia Mecânica em Elétrica. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=iCEMmQBqkY0> . Acesso em: 30 de maio de 2026.

A análise indicou que o motor-gerador CC gera picos de tensão no instante do acionamento, superando a capacidade nominal das lâmpadas, fenômeno previsível em sistemas de indução sem regulação de saída, o que causou a queima de quatro lâmpadas. Para contornar o problema, acrescentou-se um diodo retificador para garantir fluxo unidirecional e um resistor de 1 k Ω para limitar os picos de tensão. Esse percurso de teste, diagnóstico e correção configura o caráter investigativo do trabalho, distinguindo-o de uma simples montagem técnica.

Figura 2 – Sequência operacional do protótipo: (A) massa em repouso; (B) massa suspensa com energia potencial armazenada; (C) sistema em operação com geração elétrica e LED aceso.



Fonte: elaborado pelo autor (2025).

Outro desafio foi determinar o valor da massa suspensa. O valor de 8,55 kg foi obtido após testes com acréscimo de massa, e essa revelou-se ser o valor mínimo suficiente para acionar o sistema.

O protótipo cumpre a função descrita por Borges (2002) e Araújo e Abib (2003): dar corpo a conceitos que, nas aulas expositivas, permanecem abstratos. O custo de replicação estimado em R\$ 642,00, sendo R\$ 39,00 de desembolso direto e R\$ 603,00 em materiais

do laboratório. Isso indica que a restrição orçamentária não constitui impeditivo para experimentos funcionais no ensino público.

Considerações finais

Os objetivos propostos foram alcançados: o grupo construiu um protótipo funcional, verificou experimentalmente os princípios físicos envolvidos e produziu material audiovisual de apoio. Os principais obstáculos encontrados – a usinagem da polia, fabricação de correia, seleção empírica do peso e ajuste do circuito – foram superados, evidenciando o valor formativo da pesquisa experimental para a formação docente.

Os testes foram de caráter qualitativo, centrados na verificação do funcionamento do sistema e na observação dos fenômenos. A ausência de instrumentação para medição de tensão e corrente configura limitação a superar em etapas subsequentes, com uso de multímetro e registro sistemático de dados. O vídeo consiste na apresentação dos fenômenos físicos envolvidos e do funcionamento do aparato. Ele parte de uma leitura que estudantes de diferentes idades irão acessar em: <https://youtu.be/6PrKcuC1bxc>

Como desdobramentos futuros, pretende-se otimizar o circuito do motor-gerador CC, expor o protótipo no CECAS⁶ (Schroeder/SC) e ampliar sua utilização em atividades de ensino e extensão.

Neste estudo, priorizou-se a demonstração qualitativa da transformação de energia, ficando análises quantitativas para trabalhos futuros.

Declaração: o Gemini (Google for Education/conta institucional) foi utilizado para revisão gramatical, conforme Orientação Técnica n.º 04/2025 – IFSC. O conteúdo científico e as análises são de responsabilidade integral da autoria.

Referência ao fomento recebido

⁶ O Centro de Educação Científica e Ambiental de Schroeder é um espaço de formação e investigação científica criado pela prefeitura municipal de Schroeder do qual o Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Jaraguá do Sul mantém uma parceria de colaboração para produção de protótipos e aparatos científicos para exposição.



Trabalho desenvolvido com apoio do Câmpus Jaraguá do Sul – Centro do IFSC: Laboratórios de Projetos e Laboratório de Produção de Materiais Didáticos, equipamentos e orientação docente.

Referências

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 25–40, jan./jun. 2011.

BORGES, A. Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291–313, dez. 2002.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**, v. 1: mecânica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016a.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física**, v. 3: eletromagnetismo. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016b.

SGUAZZARDI, Monica M. M. U. (org.). **Física geral**. 1. ed. São Paulo: Pearson, 2014. E-book. Disponível em: <https://plataforma.bvirtual.com.br>. Acesso em: 14 set. 2025.

VALENTE, M. J. P. **A pedagogia do conceito de energia**: contributo para a utilização formativa do conceito de energia. 1993. 289 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação) – Seção de Ciências da Educação, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 1993.

APÊNDICE A – Quadro de custos estimados de replicação do protótipo

Quadro 1 – Materiais utilizados e valores estimados de mercado (Nov/2025)

Material	Categoria	Origem	Q t d	Valor unit.	Valor total
Base de madeira	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 20.00	R\$ 20.00
Perfil alumínio ~1,80m (estrutura vertical)	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 40.00	R\$ 40.00
Caixa de madeira (suporte do peso)	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 15.00	R\$ 15.00
Pedras/lastro interno (~2kg)	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 5.00	R\$ 5.00
Transformador micro-ondas (Gerar massa)	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 20.00	R\$ 20.00
Pés niveladores borracha	Estrutura	Lab IFSC	4	R\$ 3.00	R\$ 12.00
Base de EVA 16x18cm	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 4.00	R\$ 4.00
Verniz + pincel	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 22.00	R\$ 22.00
Eixo 10mm	Transmissão	Lab IFSC	2	R\$ 8.00	R\$ 16.00
Polia maior	Transmissão	Lab IFSC	1	R\$ 70.00	R\$ 70.00
Polia menor	Transmissão	Lab IFSC	1	R\$ 25.00	R\$ 25.00
Correia (sob medida)	Transmissão	Adquirido	1	R\$ 30.00	R\$ 30.00
Rolamento 6200 (10x30x9mm)	Transmissão	Lab IFSC	4	R\$ 7.22	R\$ 28.88
Cabo de aço 4m	Transmissão	Adquirido	1	R\$ 4.00	R\$ 4.00
Manivela (acionamento manual)	Transmissão	Lab IFSC	1	R\$ 20.00	R\$ 20.00
Pino trava	Transmissão	Lab IFSC	1	R\$ 4.00	R\$ 4.00
Cano 25mm × 50cm	Transmissão	Lab IFSC	1	R\$ 6.00	R\$ 6.00
Parafusos 20mm (20 un)	Fixação	Lab IFSC	1	R\$ 5.00	R\$ 5.00
Parafusos 25mm (20 un)	Fixação	Lab IFSC	1	R\$ 5.50	R\$ 5.50
Parafusos 30mm (20 un)	Fixação	Lab IFSC	1	R\$ 6.00	R\$ 6.00
Parafusos 12mm (4 un)	Fixação	Lab IFSC	1	R\$ 2.00	R\$ 2.00
Abraçadeiras 1" (4 un) + ½" (2 un)	Fixação	Adquirido	1	R\$ 5.00	R\$ 5.00
Lacres de segurança (3 un)	Fixação	Lab IFSC	1	R\$ 3.50	R\$ 3.50
Motor CC operando como gerador	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 80.00	R\$ 80.00
Lâmpadas (8 un)	Elétrico	Lab IFSC	8	R\$ 5.00	R\$ 40.00
Diodo retificador 1N4007	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 1.00	R\$ 1.00
Resistor 1 kΩ	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 0.50	R\$ 0.50
Placa de circuito impresso 5×7cm	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 6.00	R\$ 6.00
Cabo flexível 1,5mm (2m)	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 6.00	R\$ 6.00
Régua elétrica	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 28.00	R\$ 28.00



Chave faca	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 10.00	R\$ 10.00
Bornes (2 un)	Elétrico	Lab IFSC	2	R\$ 3.00	R\$ 6.00
Grampos fixação de fios (7 un)	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 5.00	R\$ 5.00
Abraçadeira tipo U 35mm	Fixação	Lab IFSC	2	R\$ 9.50	R\$ 19.00
Abraçadeira tipo U 25mm	Fixação	Lab IFSC	4	R\$ 6.50	R\$ 26.00
Lixa (folha grão médio)	Estrutura	Lab IFSC	1	R\$ 4.50	R\$ 4.50
Fita isolante 19mm×10m	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 6.13	R\$ 6.13
Estanho fio 1mm 25g (solda)	Elétrico	Lab IFSC	1	R\$ 16.90	R\$ 16.90
Porcas + arruelas (kit assortido M6/M8)	Fixação	Lab IFSC	1	R\$ 18.50	R\$ 18.50
Subtotal adquirido: R\$ 39.00 Subtotal Lab IFSC: R\$ 603.41 TOTAL:					R\$ 642.41