O ESTUDO EXPERIMENTAL: EFEITO FOTOELÉTRICO SOBRE LEDS

Maria Eduarda de Mello e Silva, Rafael Papa Queiroz, João Chaves de Moura, Heitor Nishimura

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, Campus São José dos Campos, Rod. Pres. Dutra, km 145 - s/n - Jardim Diamante, São José dos Campos - SP, 12223-201, eduarda.mello@aluno.ifsp.edu.br , papa.rafael@aluno.ifsp.edu.br, Chaves.joao@aluno.ifsp.edu.br , heitor.nishimura@aluno.ifsp.edu.br .

Resumo
Este estudo experimental investigou o comportamento fotovoltaico de LEDs submetidos à luz solar direta, com o objetivo de avaliar sua capacidade de geração de energia elétrica por meio do efeito fotoelétrico. Utilizando materiais acessíveis e diferentes configurações de arranjos (série e paralelo), analisou-se a resposta elétrica de LEDs difusos e de alto brilho nas cores vermelho, verde e azul. Os resultados demonstraram que os LEDs são capazes de gerar tensões mensuráveis e correntes estimadas, com maior eficiência nos dispositivos de alto brilho. A simplicidade do sistema e a viabilidade técnica da proposta reforçam o potencial dos LEDs como elementos de coleta fotovoltaica em soluções descentralizadas, sustentáveis e de baixo custo.

Palavras-chave Efeito fotoelétrico, geração de energia, LEDs, semicondutores, conversão fotovoltaica.

Área do Conhecimento: Engenharia Elétrica.

Introdução

A interação entre luz e matéria é um dos fundamentos da física moderna, marcando tanto o desenvolvimento da teoria quântica quanto o avanço das tecnologias baseadas em semicondutores. Um dos fenômenos centrais dessa interação é o efeito fotoelétrico, observado por Heinrich Hertz em 1887 e explicado por Albert Einstein em 1905, que demonstrou que a luz é composta por fótons cuja energia é proporcional à frequência. Quando essa energia supera a função trabalho de um material, elétrons são emitidos. Em contraste, os LEDs (Light Emitting Diodes) realizam o processo inverso: convertem corrente elétrica em luz por eletroluminescência (EBERHARDT et al., 2017).

Embora sejam utilizados como emissores de luz, os LEDs também podem gerar tensão e corrente quando expostos à radiação luminosa, atuando como pequenos elementos fotovoltaicos. Seu desempenho varia conforme a cor, o tipo de LED, a intensidade da luz e a configuração do circuito. Mesmo com baixa potência, esse comportamento permite demonstrar, de forma simples e acessível, a conversão de energia luminosa em elétrica.

Este artigo tem como objetivo analisar o comportamento fotovoltaico de diferentes LEDs quando expostos à luz solar direta, considerando a influência da cor, do tipo de encapsulamento e da configuração elétrica utilizada. Para isso, foram avaliadas as tensões e correntes produzidas por LEDs difusos e de alto brilho nas cores vermelha, verde e azul, associados em série, paralelo e configuração mista. Além de reforçar os conceitos teóricos relacionados à interação entre luz e semicondutores, o estudo busca avaliar o potencial desses componentes para aplicações experimentais em microgeração de energia elétrica limpa, descentralizada e de baixo custo.

A investigação justifica-se pela relevância científica e tecnológica do efeito fotoelétrico como base para a geração de energia elétrica limpa, eficiente, descentralizada. Boquimpani et al. (2019) analisaram sistemas de iluminação com LEDs distribuídos em corrente contínua e alimentados por energia fotovoltaica. Os resultados experimentais indicaram ganhos de eficiência em lâmpadas LED utilizadas sem drivers de conversão. Complementando essa perspectiva, a dissertação de Soares (2018) evidencia a viabilidade de construir micro usinas solares com materiais simples e acessíveis,

capazes de converter luz em eletricidade em pequena escala, o que reforça a aplicabilidade prática do fenômeno estudado neste artigo.

Metodologia

Este estudo investigou a capacidade de diferentes LEDs em gerar corrente elétrica via efeito fotoelétrico, utilizando montagem domiciliar com materiais acessíveis e controle básico das variáveis.

1. Materiais e Equipamentos

- 6 bases de papelão em formato quadrado (dimensões padronizadas);
- Fonte de luz: luz solar direta;
- Multímetro digital Hikari HM-1000, utilizado na função de tensão contínua para medir a diferença de potencial gerada nos terminais dos arranjos de LEDs;
- Smartphone Poco X5 com aplicativo “Iluminância - Medidor de Luz Lux” (versão 1.0.7);
- Ambiente com baixa interferência de luz externa.
- LEDs difusos e de alto brilho (5 mm) nas cores: vermelho, verde e azul;
  - 9 LEDs difusos e 9 LEDs de alto brilho de cada cor, totalizando 54 LEDs;
  - Foram montadas 6 placas distintas, uma para cada tipo de led e para cada cor, com 9 LEDs em cada montagem;

2. Procedimento Experimental

Os LEDs foram fixados nas bases de papelão com fita isolante, e as conexões elétricas foram realizadas com fios de cobre. Os terminais foram conectados cuidadosamente para evitar curtos-circuitos e falsos contatos. Cada conjunto foi exposto diretamente à luz solar, e a tensão elétrica produzida foi medida com o multímetro digital Hikari HM-1000, configurado para a medição de tensão contínua.

Foram utilizadas três configurações distintas para cada tipo e cor de LED conforme abaixo.

- **Configuração em série:** 9 LEDs conectados em sequência, de forma que o terminal negativo (cátodo) de um LED se conecta ao terminal positivo (ânodo) do seguinte. A corrente percorre um único caminho contínuo.
- **Configuração em paralelo:** 9 LEDs conectados de forma que todos os terminais positivos estão ligados juntos a um mesmo ponto, assim como os terminais negativos. Essa configuração permite que a corrente se dividida igualmente entre os LEDs.
- **Configuração mista:** 3 LEDs conectados de forma que todos os terminais positivos estão ligados juntos a um mesmo ponto, em sequência ligados ao conjunto dos terminais positivos do led seguinte, assim como os terminais negativos que também são conectados. Essa configuração permite que a corrente se dividida igualmente entre os LEDs.

As medições foram realizadas ao ar livre, com os circuitos posicionados sobre uma superfície plana e expostos diretamente à luz solar, sem a presença de sombras. A iluminância foi verificada com o aplicativo Iluminância – Medidor de Luz Lux, instalado em um smartphone Poco X5. A tensão de circuito aberto foi medida nos terminais de cada arranjo com o multímetro digital Hikari HM-1000, configurado para a medição de tensão contínua. A corrente elétrica não foi medida diretamente, pois não foi utilizada uma carga elétrica durante o experimento. Dessa forma, somente os valores de tensão correspondem a medições experimentais diretas.

Cada medição foi repetida três vezes para cada configuração, cor e tipo de LED. Posteriormente, os valores foram organizados para a obtenção da média das medições.

Para o tratamento dos dados, foram utilizadas as seguintes fórmulas:

1. Potência da luz incidente: $P\ luz = E \times A$ Onde:

- E: iluminância [lx], medida com o aplicativo;
- A: área frontal aproximada do LED $\approx 2 \times 10^{-15}\ m^2$.

2. Potência elétrica estimada: $P\ elétrica = \eta \times P\ luz$ Com eficiência $\eta \approx 0{,}3\,\%$.
3. Corrente estimada: $I = \frac{P\ eletrica}{V\ total}$

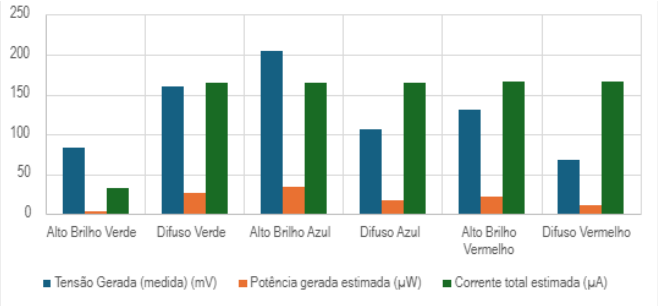
Resultados

Dados organizados de acordo com a cor, tipo e arranjo dos LEDs. Os principais resultados são:

- LED azul de alto brilho em paralelo: tensão de 204 mV, potência estimada de 33,74 µW
- LED verde difuso em paralelo: tensão de 160,4 mV, potência estimada de 26,5 µW

Esses dados foram coerentes com os valores teóricos obtidos pelas fórmulas aplicadas na metodologia. Os LEDs de alto brilho apresentaram desempenho superior, e a configuração em série produziu maior tensão, enquanto a em paralelo apresentou maiores correntes.
A Tabela 1 resume os valores médios de tensão, potência elétrica estimada e corrente elétrica para cada tipo de LED testado. As figuras 1,2 e 3, localizadas abaixo, representam graficamente os resultados para cada tipo de LED. Os cálculos consideraram agora uma iluminância solar média de 28.284 lux e eficiência fotovoltaica de 0,3%.

Figura 1 - Gráfico da Associação em Paralelo de cada tipo de led.



Fonte: Elaborado pelos autores.

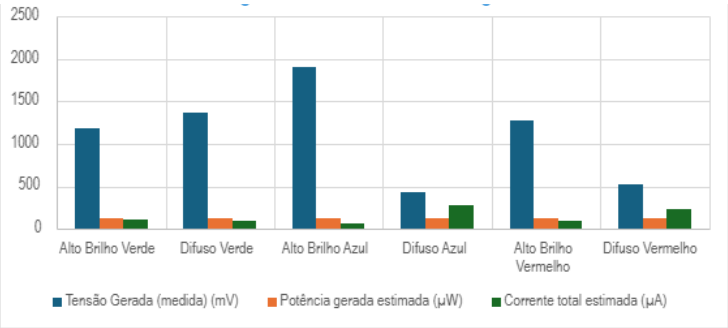
Tabela 1 - Valores de tensão medidos e valores de potência e corrente estimados para diferentes arranjos e tipos de LEDs sob incidência de luz solar direta.

LED	Disposição	Tensão Gerada (medida) (mV)	Potência gerada estimada (µW)	Corrente total estimada (µA)
Alto Brilho Verde	Paralelo	83,2	2,73	32,8
Difuso Verde	Paralelo	160,4	26,5	165,26
Alto Brilho Azul	Paralelo	204	33,74	165,4
Difuso Azul	Paralelo	106,7	17,65	165,43
Alto Brilho Vermelho	Paralelo	131,5	21,78	165,6
Difuso Vermelho	Paralelo	67,9	11,24	165,6
Alto Brilho Verde	Série	1181	121,5	102,9
Difuso Verde	Série	1376	121,5	88,3
Alto Brilho Azul	Série	1908	121,5	63,7
Difuso Azul	Série	435	121,5	279,3

Alto Brilho Vermelho	Série	1270	121,5	95,7
Difuso Vermelho	Série	516	121,5	235,4
Alto Brilho Verde	Misto	1000	100	100
Difuso Verde	Misto	212	21,2	100
Alto Brilho Azul	Misto	823	82,3	100
Difuso Azul	Misto	146	14,6	100
Alto Brilho Vermelho	Misto	480	48	100
Difuso Vermelho	Misto	335	33,5	100

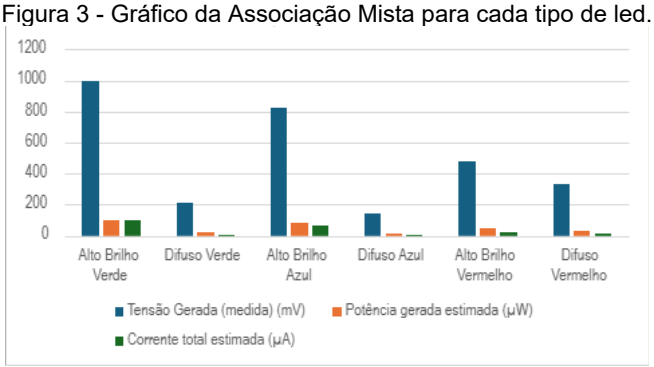
Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 2 - Gráfico da Associação em Série de cada tipo de led.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3 - Gráfico da Associação Mista para cada tipo de led.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Discussão

Os resultados mostraram que LEDs podem atuar como receptores fotovoltaicos sob luz solar direta, gerando pequenas tensões e correntes de acordo com os princípios do efeito fotoelétrico. Como observado por Garver (2006), sua resposta elétrica à luz incidente pode ser aproveitada em arranjos simples, como os testados neste experimento.

Nos circuitos avaliados, arranjos em série apresentaram maiores tensões, enquanto os paralelos geraram correntes mais elevadas — padrão esperado em sistemas de baixa potência. LEDs de alto brilho mostraram melhor desempenho, devido às suas propriedades ópticas (Colace; Assanto; De Iacovo, 2024).

Estudos recentes indicam que LEDs podem, mesmo em operação reversa, alimentar sensores de baixo consumo (Fernandes; Gonçalves; Rito, 2025), o que reforça seu potencial para aplicações

descentralizadas. A montagem simples e o uso exclusivo de luz solar tornam essa proposta viável e de baixo custo, como discutido por Soares (2018) no contexto educacional e por Boquimpani et al. (2019) em sistemas de iluminação alimentados por energia fotovoltaica.

Além disso, a literatura aponta aplicações em sistemas urbanos e integrados com displays, onde LEDs contribuem com técnicas de energy harvesting (De Iacovo; Assanto; Colace, 2025). Assim, com melhorias futuras, essa abordagem pode ser explorada em soluções portáteis e sustentáveis.

Conclusão

Os resultados deste experimento confirmam que LEDs, sob luz solar direta, podem operar como receptores de energia, gerando pequenas tensões e correntes compatíveis com os princípios do efeito fotoelétrico. A resposta variou conforme o tipo de LED e a configuração do circuito, com melhor desempenho nos LEDs de alto brilho. Arranjos em série produziram maiores tensões, enquanto os paralelos favoreceram a corrente elétrica.
Apesar da baixa eficiência, os dados reforçam que LEDs podem ser usados em sistemas fotovoltaicos simples e acessíveis, especialmente em locais com infraestrutura limitada. A montagem com materiais comuns e a viabilidade técnica observada sustentam seu potencial para aplicações sustentáveis em microgeração de energia.
Conclui-se, portanto, que a proposta estudada possui aplicabilidade real e pode fundamentar futuras soluções tecnológicas de baixo custo voltadas à geração limpa e descentralizada de eletricidade.

Referências

BOQUIMPANI, Carolina Lannes; MOTTA, Ana Lúcia Torres Seroa da; SOUZA, Osvaldo Luiz de Carvalho; OLIVEIRA, Carlos Henriques Ventura do Rosário. Eficiência energética: sistemas de iluminação com LEDs, distribuídos em corrente contínua e utilizando energia fotovoltaica. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 303-316, out./dez. 2019. DOI: https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000400357. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/b6xKHMSwZw6qWLTyfpfFgTs/. Acesso em: 8 set. 2026

COLACE, L.; ASSANTO, G.; DE IACOVO, A. Light-emitting diodes for energy harvesting. Electronics, Basel, v. 13, n. 8, art. 1587, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/electronics13081587. Disponível em: https://www.mdpi.com/2079-9292/13/8/1587. Acesso em: 25 jul. 2025.

DE IACOVO, A.; ASSANTO, G.; COLACE, L. From source to sink: the path to efficient energy harvesting with LEDs and displays. **Discover Energy**, v. 5, n. 1, 2025. DOI: https://doi.org/10.1007/s43937-025-00067-7. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s43937-025-00067-7. Acesso em: 25 jul. 2025.

EBERHARDT, D.; ROCHA FILHO, J. B.; LAHM, R. A.; BAITELLI, P. B. Experimentação no ensino de Física Moderna: efeito fotoelétrico com lâmpada néon e LEDs. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 34, n. 3, p. 928-950, 2017. DOI: https://doi.org/10.5007/2175-7941.2017v34n3p928. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n3p928/0. Acesso em: 23 abr. 2025

FERNANDES, T. V.; GONÇALVES, L. P.; RITO, R. From light emission to solar power: experiment on LED's photovoltaic behavior. American Journal of Physics, v. 93, n. 5, p. 422-429, 2025. DOI: https://doi.org/10.1119/5.0252410. Disponível em: https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article/93/5/422/3344517. Acesso em: 25 jul. 2025.

GARVER, W. P. The photoelectric effect using LEDs as light sources. The Physics Teacher, College Park, v. 44, n. 5, p. 272–275, maio 2006. DOI: https://doi.org/10.1119/1.2195395.

SOARES, Derbiano Alves. Micro usina solar e o efeito fotovoltaico para alunos do terceiro ano do Ensino Médio. 2018. 95 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/33997. Acesso em: 8 set. 2026.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus, por Sua orientação e força ao longo desta jornada. Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP) Campus São José dos Campos, pela formação e apoio acadêmico. Aos colegas, pela parceria, troca de conhecimentos e incentivo durante o desenvolvimento deste trabalho.