



Como o ensino de energia fotovoltaica pode atrair jovens e adultos para a engenharia

How photovoltaic energy education can attract young people and adults to engineering

Gabriel Viana Eleutério

eleuteriog@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Karla Silva

karla@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Emilli Fernanda Cruz de Oliveira

emillioliveira@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

Livia Firmani Silva

liviafirmani@alunos.utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, Paraná, Brasil

RESUMO

Dentro do âmbito de energias provenientes de fontes renováveis, a energia solar mostra-se com grande saliência, sendo utilizada em grande quantidade nos últimos anos no Brasil e no mundo tornando-se, por isso, uma ótima estratégia para atrair o público jovem ao reconhecimento da ciência e tecnologia envolvidas, bem como nos potenciais desenvolvimentos profissionais. Esse trabalho propõe a revisão do conceito de energia e suas transformações, focando na constituição e funcionamento da célula fotovoltaica até a conversão e distribuição da energia elétrica, com objetivo de disseminar esse conhecimento e atrair o público jovem. Foram produzidos materiais escritos e vídeos, além da montagem de um módulo prático para visualização de um sistema microcontrolado de produção de energia fotovoltaica. Através disso, constata-se que é possível tornar o conhecimento mais acessível ao público jovem e adulto, de forma simples e atraente aos novos e futuros engenheiros. Os resultados parciais obtidos demonstraram que, mesmo em condições de pandemia, é possível motivar e envolver os alunos em ações práticas aplicadas à comunidade externa, estendendo o processo de ensino-aprendizagem para além dos ambientes universitários.

PALAVRAS-CHAVE: Energia Solar. Sustentabilidade. Educação. Engenharia. Fotovoltaica.

ABSTRACT

From renewable energy sources, solar energy shows itself with great prominence, being used in large quantities in recent years in Brazil and in the world, making it, therefore, a great strategy to attract the young public to recognition science and technology involved, as well as potential professional developments. This work proposes a review of the concept of energy and its transformations, focusing on the constitution and functioning of the photovoltaic cell up to the conversion and distribution of electrical energy, with the objective of disseminating this knowledge and attracting young people. Written materials and videos were produced, in addition to the assembly of a practical module for



viewing a microcontrolled system to produce photovoltaic energy. Through this, it appears that it is possible to make knowledge more accessible to young and adult audiences, in a simple and attractive way to new and future engineers. The partial results obtained showed that, even under pandemic conditions, it is possible to motivate and involve students in practical actions applied to the external community, extending the teaching-learning process beyond university environments.

KEYWORDS: Solar energy. Sustainability. Education. Engineering. Photovoltaic.

INTRODUÇÃO

Os jovens não evitam “cursos difíceis” ou fazem escolhas irracionais por aversão à tecnologia, mas de fato não escolhem engenharias por não se sentirem suficientemente atraídos por esses cursos, verificou Frank Stefan Becker, da Associação de Engenheiros da Alemanha (VDI - Verein Deutscher Ingenieure), em amplo estudo publicado há mais de uma década. O autor concluiu apontando estratégias para aumentar a atratividade às engenharias: que sejam feitas palestras de pesquisadores e profissionais das indústrias, de maneira a diminuir a distância entre os currículos escolares e os fascinantes avanços da Ciência e Tecnologia (C&T); que os assuntos de C&T sejam tratados de maneira compreensível e fácil, apresentando soluções em um contexto social e discutindo possibilidades, não como um tópico remoto e dominado por especialistas, mas sim de forma aplicada e prazerosa; que os conhecimentos de ciências exatas sejam estimulantes e não sufocantes; que sejam possibilitados contatos, identificações e entendimentos das aplicações tecnológicas na vida diária; que sejam destacadas as oportunidades e as melhores perspectivas em C&T e que tudo isso seja feito de maneira ampla, à população e estudantes em geral (BECKER, 2010).

Os jovens nas escolas não estão cientes da amplitude das incríveis carreiras de engenharia em todo o mundo - precisamos mostrar a eles o que estão perdendo. Os líderes e educadores do setor podem trabalhar juntos para promover a importância dos engenheiros para a história e o futuro de nossos setores e do nosso mundo, permitindo que eles se tornem parte das coisas incríveis que os engenheiros criam e inspirando-os a se tornarem parte do setor que amamos (ROBINSON, 2018).

Se por um lado demanda por graduados em engenharia aumenta, urgindo por jovens com habilidades STEM (ciências, tecnologia, engenharia e matemática) em várias partes do mundo (SCOY, 2021), por outro constata-se um número cada vez menor de jovens candidatos às vagas nos cursos de engenharia. Tem-se, portanto, um cenário propício ao desenvolvimento da extensão universitária. Neste contexto, o presente trabalho propõe uma prospecção simples e envolvente, de tendências e novidades da C&T com o tema energia, com ênfase para sistemas fotovoltaicos, apontando para as perspectivas de sucesso em trabalhos com engenharia.

O tema energia é fundamental para todos os ramos das engenharias, entretanto, é entendido superficialmente ou tido como complexo e abstrato, por isso justificando esforços para torná-lo um assunto atraente, de fácil compreensão e apaixonante. O conceito de energia está associado à capacidade de se obter um movimento, isto é, produzir uma ação e essa se desdobrar em diferentes formas de energia, como química, térmica, elétrica, sonora, entre outras. Assim, pode-se dizer que a energia é vital ao ser humano, além de ser estratégica ao desenvolvimento tecnológico e com demanda sempre crescente.

O Brasil é um dos países que mais consome energia elétrica no mundo, o que implica em uma alta demanda de produção. Na cadeia produtiva de energia elétrica, dois tipos de fontes podem ser utilizados: a renovável e a não renovável. Dentre as fontes não renováveis é possível listar matérias primas como os



SEI-SICITE 2021

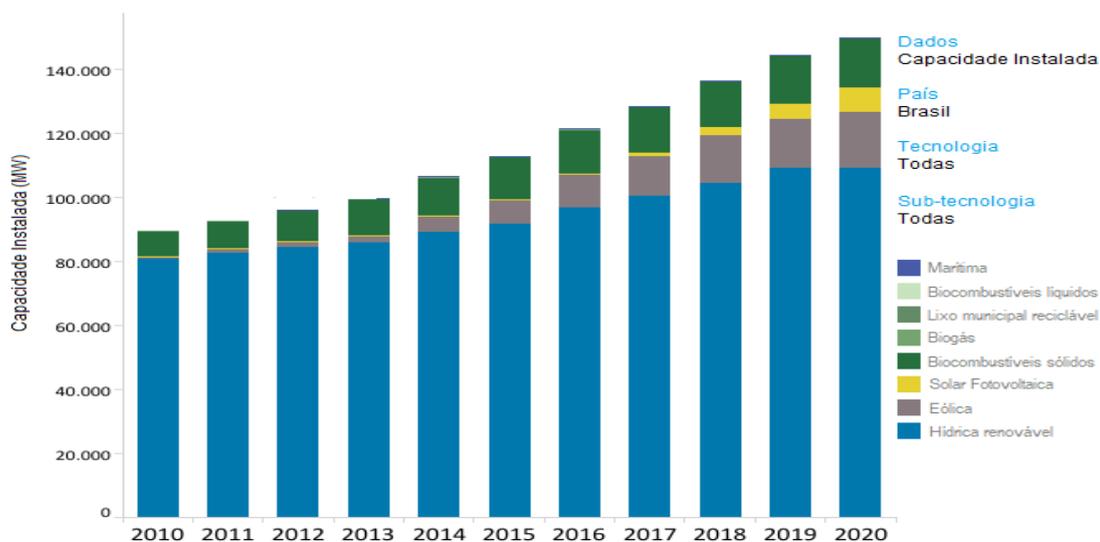
Pesquisa e Extensão para o mundo em transformação

combustíveis fósseis e os combustíveis nucleares, esse tipo de fonte costuma apresentar danos ambientais, o que leva ao interesse pela substituição por fontes renováveis de obtenção de energia.

A grande preocupação com as alterações climáticas infere na importância da substituição da queima de combustíveis fósseis, como é o caso do petróleo. As fontes renováveis promovem o desenvolvimento sustentável e econômico, além da redução dos impactos ambientais, economia a longo prazo, necessitar de pouca manutenção, entre outros itens. Sendo assim, torna-se necessário o incentivo de mais pesquisas e estudos técnicos com relação ao desenvolvimento e empreendimento de energias alternativas e/ou renováveis. Nesse âmbito, o Brasil apresenta uma grande biodiversidade que permite uma vasta geração de energia alternativa, logo é necessário aumentar sua oferta de energia de forma a desenvolver a sociedade nas áreas econômica, social e ambiental, para assim atender as demandas em áreas periféricas ao sistema de transmissão, fomentando maior conhecimento e estudos acerca das formas alternativas de produção de energia, como matéria orgânica, força dos ventos, captação da luz solar, entre outras (PACHECO, 2006).

Dentro do âmbito de energias provenientes de fontes renováveis, a energia solar tem tido destaque. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o uso da energia solar aumentou em 167% só no ano de 2019. A Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica) estima que até 2024 mais de 1 milhão de consumidores devem passar a gerar a própria energia e até 2030 são previstos 100 bilhões de reais em investimentos no Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica, responsável por incentivos e isenções para empresas que adotam a energia solar. A energia solar é a fonte renovável que mais gera empregos no planeta, sendo responsável por mais de um terço dos empregos vindos de fontes renováveis no mundo (IRENA, 2021). Constatou-se que esse sistema energético representa um potencial ramo para atuação profissional e, conforme visto na Figura 1, com excelentes perspectivas aos desenvolvimentos tecnológicos e formação profissional no setor.

Figura 1: Tendências de capacidades instaladas de energias renováveis



Fonte: Adaptado de IRENA (2021).

O número cada vez maior de fornecedores de sistemas fotovoltaicos, com viabilidade econômica para instalação e uso dessa alternativa, fez aumentar o interesse da população em geral pelo entendimento e utilização da energia fotovoltaica. Pelo exposto, a energia fotovoltaica é uma “isca” conveniente ao nosso objetivo de disseminar os conhecimentos sobre energia, expondo e atraindo o público em geral aos potenciais nichos para formação e atuação de novos profissionais em engenharias.



MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi dividido em três etapas: 1) revisão teórica com elaboração de material escrito, no estilo de panfleto informativo; 2) produção de materiais em vídeos postado no YouTube® e 3) montagem de módulo para explicação prática e lúdica do funcionamento de uma placa solar fotovoltaica microcontrolada.

A produção de vídeo foi feita a partir da revisão bibliográfica, utilizando aplicativos de edição de imagem e som livres, como o Canva® e Clipchamp®. Inicialmente foi criado um roteiro, na forma de diálogos entre os alunos, no estilo desenho animado. Um primeiro vídeo abordando conceitos básicos a respeito do tema energia já havia sido elaborado no projeto, dando subsídios para um novo material, desta vez tratando das transformações de energia mecânica, convenientemente energias cinética e potencial, pela facilidade de se dar materialidade lúdica aos efeitos e familiarização do público com a temática.

Como prática de visualização do funcionamento de painéis fotovoltaicos, com o objetivo de mostrar o funcionamento das células fotovoltaicas de forma lúdica e didática, foi montado e utilizado kits educacionais comerciais USINAINFO® composto por: microcontrolador do tipo Arduino Uno, mini painel solar fotovoltaico, estrutura em MDF, fonte de alimentação, micro servo motores, sensor de luminosidade, resistores, jumpers, parafusos. Além do módulo, serão utilizados recursos visuais explicando o princípio físico envolvido, com ênfase ao processo de conversão física desde a energia radioativa até a energia elétrica. O nível de aprofundamento da explicação será adaptado em função da idade e conhecimento prévio do público, iniciando em escolas, e instigando os ouvintes a participarem durante a ação por meio de desafios, perguntas e respostas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O material escrito produzido segue mostrado nas Figuras 2 e 3, da página a seguir. O primeiro vídeo sobre Energia, publicado no canal no Youtube Energizando, pode ser acessado através do link: https://youtu.be/s2iNHhzn_74. Enquanto o segundo, sobre transformações de energia mecânica, pode ser acessado por: https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=z0xhxN8iq2A&ab_channel=Energizando.

CONCLUSÃO

A utilização da energia solar foi exaltada pelos benefícios para a sociedade em geral (além de produzir energia de maneira limpa e eficiente, as placas fotovoltaicas produzem energia até com baixa incidência solar, sendo um sistema energético sustentável, inesgotável, com instalação fácil, sem agressão ao meio ambiente, livre de ruídos, rentável e viável) tornando-se estratégica como ação de atrair o grande público aos conceitos e aplicações típicos de engenharias. Foi possível compreender e repassar os conceitos básicos de energia para o público é possível, utilizando vídeos recreativos e didáticos, ainda que esses conceitos sejam tidos como abstratos, é possível mostrar que fazem parte da vida e aproximar jovens e crianças por meio de linguagens e recursos lúdicos é uma necessidade. Assim, mesmo em tempos de pandemia, pode-se atingir os objetivos extensionistas do projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos a nossa família, amigos e parceiros de trabalho, por todo apoio e paciência ao longo projeto. Deixamos também agradecimentos a UTFPR, em especial, a unidade de Campo Mourão, por propiciar a realização deste projeto.

Figura 2: Imagem do material escrito preparado (página 1) para distribuição ao público atendido pelo projeto.

ENERGIZANDO

ENERGIA SOLAR

UTFPR - CM set/2021



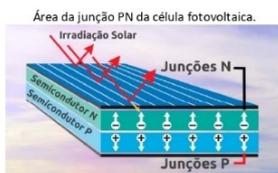
Sistemas Fotovoltaicos

A radiação solar, eletromagnética de ondas curtas, é usada como matéria-prima para energia elétrica, substituindo fontes não renováveis, através de tecnologias adequadas, como veremos aqui. Uma área interessante, gostosa e muito rentável para trabalhar!

Fonte: <https://greensynergy.ro/solar-panel-icon/>

No interior do sol ocorrem reações nucleares que dão lugar a emissões para todo o sistema solar (energia solar), que segundo a lei da irradiação com simetria esférica, é transmitida na forma de radiação eletromagnética (VIAN, 2021).

A transformação direta de energia da luz em energia elétrica ocorre através de painéis solares fotovoltaicos, pelo qual ocorre o efeito fotovoltaico. O sistema fotovoltaico é composto por painéis, um conjunto de módulos fotovoltaicos, regulador de tensão, sistema para armazenamento de energia e inversor corrente contínua/corrente alternada (REIS, 2011). Dentro do painel fotovoltaico, estão presentes as células fotovoltaicas, formadas por semicondutores. Os semicondutores têm uma banda totalmente preenchida por elétrons e outra totalmente vazia de elétrons. Quando a radiação solar incide sobre as células, os fótons excitam os elétrons e criam uma diferença de potencial elétrico, gerando então uma corrente elétrica. Adicionam-se átomos de silício, fósforo e boro às células para que a corrente gerada seja útil (REIS, 2011).



Fonte: Ensolare (2021).

TECNOLOGIA EM AÇÃO

Atualmente a tecnologia fotovoltaica, que transforma energia solar em elétrica, vem experimentando importante avanço, impulsionado pelos vários predicados positivos que apresenta, dentre os quais se destacam o baixo impacto ambiental, a flexibilidade de utilização e facilidade de construção e de operação (VIAN, 2021).

O termo "fotovoltaico" é proveniente de duas palavras do grego, em que foto significa "luz" e "volt", a unidade de força eletromotriz. Os dispositivos usados na conversão fotovoltaica são chamados de células solares.

Quando a radiação do sol incide sobre esses dispositivos ela é convertida diretamente em eletricidade. Os painéis fotovoltaicos são formados de diversas células solares que por sua vez são feitas de silício, as células podem ser de polo negativo, onde o silício é combinado com boro, ou de polo positivo, onde o silício é combinado com fósforo. O silício é um semicondutor e os semicondutores são materiais que em condições normais não conduzem eletricidade, porém em dadas circunstâncias se tornam condutores, uma dessas circunstâncias é a variação de temperatura. Ocorre na célula fotovoltaica, é necessário que a placa de silício carregada negativamente seja "sanduíchada" com uma placa de silício carregada positivamente, desta forma, quando os elétrons de silício N forem excitados, eles irão se mover e ocupar o espaço dos "buracos", isto é, ausência de elétrons, do silício P.

De forma detalhada, as barras que constituem as células fotovoltaicas, são chamadas de "wafer de silício" e são consideradas como coração da placa fotovoltaica, quando analisada a estrutura dos átomos, é possível perceber que estão fortemente ligados e que seus elétrons não têm liberdade de movimento.

Essas placas são então tratadas com outros elementos, como fósforo e boro, onde as tratadas com fósforo irão possuir elétrons que podem se mover quando excitados pela luz solar, movimento que é randômico e não gera corrente. Para direcionar esse movimento, tornando-o unidirecional, uma força motriz torna-se necessária, a melhor forma de gerar essa força é com uma junção PN. Na junção PN tem-se dois semicondutores (P e N, positivo e negativo) e os elétrons irão fluir do semicondutor N para o semicondutor P, migração não randômica, porém unidirecional. Para fazer com que essa reação ocorra na célula fotovoltaica, é necessário que a placa de silício carregada negativamente seja "sanduíchada" com uma placa de silício carregada positivamente, desta forma, quando os elétrons de silício N forem excitados, eles irão se mover e ocupar o espaço dos "buracos", isto é, ausência de elétrons, do silício P.

É necessário ressaltar que na natureza existem materiais classificados como semicondutores, que se caracterizam por possuírem uma banda de valência totalmente preenchida por elétrons e uma banda de condução totalmente vazia a temperaturas muito baixas. Uma propriedade fundamental para as células fotovoltaicas é a possibilidade de fótons, na faixa do visível, com energia superior ao gap do material, excitarem elétrons de forma que estes passem à banda de condução. Esse efeito, que pode ser observado em semicondutores puros, também chamados de intrínsecos, não garante por si só o funcionamento de células fotovoltaicas. Para obtê-las é necessária uma estrutura apropriada para que os elétrons excitados possam ser coletados, gerando uma corrente útil. Essa movimentação de elétrons forma uma "zona de esgotamento" no local da junção PN, onde não terá elétrons nem buracos livres. Por conta do movimento de migração dos elétrons, a fronteira P ficará positivamente carregada e a fronteira N negativamente carregada, sendo assim, um campo elétrico será formado entre essas cargas e será responsável por providenciar a força motriz necessária.

Fonte: Arquivo pessoal em imagem reduzida.



Figura 3: Imagem do material escrito preparado (página 2) para distribuição ao público atendido pelo projeto.

UTFPR-CM set/2021

ENERGIA SOLAR

Sistemas Fotovoltaicos

Por Emilli Oliveira, Gabriel Eleutério e Lívia Firmani.

A luz do sol irá atingir a junção PN e irá penetrar pela placa N até a região de esgotamento, a energia solar é o suficiente para gerar pares de elétrons e buracos nessa zona. Por conta do campo elétrico formado na região de esgotamento, os elétrons nessa região serão jogados para a placa N e os buracos serão jogados para a placa P. A concentração de elétrons na placa N e a concentração de buracos na placa P será tão grande que será formada uma DDP. Desta maneira, ao formar a DDP assim que fechar um circuito entre as placas P e N, os elétrons irão fluir pelo circuito gerando eletricidade.

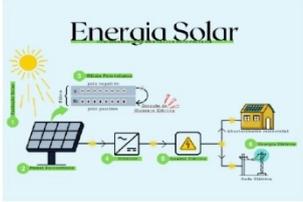
Os elétrons também irão fluir pelo circuito até a região P, onde irão se combinar com os buracos onde o processo irá se repetir em loop, sendo assim, a célula irá gerar corrente de maneira contínua como pode ser visualizado na figura abaixo. Portanto, a luz do Sol incide sobre as células solares e os fótons provenientes da radiação solar aumentam o estado de agitação das moléculas de silício e consequentemente aumentam sua temperatura, esse processo faz com que o silício perca alguns de seus elétrons.



Deste a energia solar captada pela célula fotovoltaica até a energia elétrica em casa



Energia Solar



Energia Solar

Fonte: Arquivo pessoal.

BENEFÍCIOS E IMPACTOS AMBIENTAIS

Por Emilli Oliveira, Gabriel Eleutério e Lívia Firmani.

Algumas questões ainda não foram respondidas, como por exemplo: por qual razão é tão viável economicamente o uso de energia solar? Quais os benefícios e os impactos ambientais?

De acordo com o portal solar, a maior holding de energia solar do Brasil, a longo prazo a energia solar pode gerar uma economia de 50 a 95% nas contas de luz. Entretanto, o investimento é a longo prazo, tendo em vista que o preço médio para um kit de energia solar varia entre 15 até 25 mil reais. Para uma família média de 4 pessoas com uma conta de energia de 400 a 500 reais o investimento pode sair no valor de 20-25 mil reais, mas por qual motivo os painéis solares recuperam o investimento em um prazo relativamente curto? A energia gerada pelos painéis não é totalmente consumida pela casa e o excedente vai para a concessionária da região que em troca dá créditos para a pessoa.

Porém, apesar de apresentar grande viabilidade econômica, não se pode esquecer dos impactos ambientais causados por essa forma de energia. As placas fotovoltaicas utilizam/utilizam em sua produção materiais provenientes de mineração, como os semicondutores e outros metais.

Por mais que a energia seja proveniente de uma fonte renovável, em alguns processos pode-se ter possíveis impactos. O maior impacto ambiental, se dá na extração de matéria-prima dos semicondutores, a mineração de silício é responsável por degradar a fauna e flora do local. A contaminação de efluentes também pode ser citada, pois no tratamento de silício tem-se a emissão de pó de sílica, assim como na purificação tem-se a emissão de hexafluoreto de enxofre e tetracloreto silício, todos altamente tóxicos (NREL,2012).



Fonte: USINAINFO (2021)

MONTANDO E BRINCANDO COM UM PAINEL QUE ACOMPANHA O SOL

Venha brincar conosco neste painel que acompanha a luz solar, gerando energia elétrica!

Por Emilli Oliveira, Gabriel Eleutério e Lívia Firmani

Agora que você já conhece um pouco mais sobre como as células fotovoltaicas são e funcionam, vamos vê-las em ação num pequeno painel.

Ainda te daremos um conhecimento extra, explicando um pouquinho de como funciona um microcontrolador neste sistema. Bora lá?

Unidos pela Energia!





Estamos iniciando o curso de Engenharia Química na UTFPR e já nos interessamos por energia, tecnologia, tecnologias alternativas sustentáveis e compartilhamento de conhecimentos.

Nosso trio ENERGIZANTE te convida a esse conhecimento incrível sobre energia e suas transformações físicas. Projeto de extensão **Massa e Energia: a Energia é 'Massa'!**

Fonte: Arquivo pessoal em imagem reduzida.

Quer conhecer brincando sobre transformação de energia?

Energia Potencial para Energia Cinética - MONTANHA RUSSA

ENERGIA MECÂNICA

Assista vídeo no nosso canal

No canal do Youtube, você pode encontrar mais conteúdos relacionados a essa temática.

Já imaginou que incrível, aprender tudo isso de uma forma divertida???

Inscriva-se no nosso canal, ENERGIZZANDO e ative o sininho para ser avisado sobre novos vídeos nossos ensinando sobre energia!



REFERÊNCIAS

BECKER, Frank Stefan. Why don't young people want to become engineers? Rational reasons for disappointing decisions. *European Journal of Engineering Education*, v. 35, n. 4, p. 349–366, 2010. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.625.817&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 20 jul. 2021

BRITO, Miguel C.; SILVA, José A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade. **Faculdade de ciências da Universidade de Lisboa**, 2006. Disponível em: [O instalador - artigo PV](#). Acesso em: 20 jul. 2021.

DO NASCIMENTO, Cássio Araújo. Princípio de funcionamento da célula fotovoltaica. **Diss. Universidade Federal de Lavras**, 2004. Disponível em: https://www.solenerg.com.br/files/monografia_cassio.pdf. Acesso em: 20 jul. 2021.

Internacional Renewable Energy Agency (IRENA). 2021. **Renewable Energy Employment by Country**. Disponível em: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Benefits/Renewable-Energy-Employment-by-Country>. Acesso em: 09 set. 2021.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, v. 149, p. 4-11, 2006. Disponível em: [Energias Renováveis: breves conceitos](#). Acesso em: 21 jul. 2021.

REIS, Lineu Belico dos. **Geração de energia elétrica**. 2 ed. Barueri, SP: Manole, 2011.

RIBAS, Leonardo. **Efeito fotovoltaico - Como a energia é gerada**. 2021. Disponível em: [Efeito fotovoltaico - Como a energia é gerada. Ensolare - Energia Solar Fotovoltaica](#). Acesso em: 25 ago. 2021.

ROBINSON, Jennifer. How Engineering Companies Can Get More Young People into Engineering. **Engineering & Defence**. 28 marc. 20218. Disponível em: <https://blog.v-hr.com/blog/how-engineering-companies-can-get-more-young-people-into-engineering>. Acesso em: 09 set. 2020.

VIAN, Ângelo. **Energia solar: Fundamentos, tecnologias e aplicações**. 1 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2021.

SCOY, Kelsey Van **Why the demand for engineering graduates is on the rise**. Disponível em: <https://www.topuniversities.com/student-info/careers-advice/why-demand-engineering-graduates-rise>. Acesso em: 09 set. 2021.

SUKHATME S.P, NAYAK J.K. **Solar energy**. 4 ed. India: Mc Graw Hill India, 2017.

SUKHATME, SP. **Solar energy: Principles of thermal collection and storage**. 2ª edição. New Delhi: Tata McGraw-Hill, 2006.

National Renewable Energy Laboratory (NREL). 2012. **Renewable electricity futures study**. Hand, M.M.; Baldwin, S.; DeMeo, E.; Reilly, J.M.; Mai, T.; Arent, D.; Porro, G.; Meshek, M.; Sandor, D. eds. 4 vols. NREL/TP-6A20-52409. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.

USINAINFO: eletrônica e robótica. **Rastreador solar arduino solis completo**. 2021. Disponível em: [Rastreador Solar Arduino Solis Completo + Manual de Montagem](#). Acesso em: 25 ago. 2021.