



Razón y Palabra

ISSN: 1605-4806

mvlopez@puce.edu.ec

Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Ecuador

Costa Guimarães, Daiane; Ferreira da Conceição, Flávio; Leitão Russo, Suzana  
Análise do impacto da aplicabilidade de tecnologias das células solares usando prospecção tecnológica  
Razón y Palabra, vol. 27, núm. 116, 2023, Enero-, pp. 1-20  
Pontificia Universidad Católica del Ecuador  
Quito, Ecuador

DOI: <https://doi.org/10.26807/rp.v27i111.1995>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199581457001>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc  
Red de revistas científicas de Acceso Abierto diamante  
Infraestructura abierta no comercial propiedad de la academia

# **Análise do impacto da aplicabilidade de tecnologias das células solares usando prospecção tecnológica**

Analysis of the impact of the applicability of solar cell technologies using technological prospection

Análisis del impacto de la aplicabilidad de tecnologías de celdas solares mediante prospección tecnológica

**Daiane Costa Guimarães**

Universidade Federal de Sergipe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4267-6730>

E-mail: [dayaned10@hotmail.com](mailto:dayaned10@hotmail.com)

**Flávio Ferreira da Conceição**

Universidade Federal de Sergipe

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8474-7501>

E-mail: [flavio\\_f10@hotmail.com](mailto:flavio_f10@hotmail.com)

**Suzana Leitão Russo**

Universidade Federal de Sergipe.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9810-274X>

E-mail: [suzana.ufs@hotmail.com](mailto:suzana.ufs@hotmail.com)

DOI: [10.26807/rp.v27i116.1995](https://doi.org/10.26807/rp.v27i116.1995)

## **Resumo**

A energia elétrica é um recurso importante para o desenvolvimento da sociedade humana. Nesse sentido, aumenta também a preocupação com os impactos ambientais e o esgotamento das reservas de combustíveis fósseis. O presente trabalho tem como objetivo verificar o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares empregando as ferramentas de prospecção tecnológica, em especial a utilização de documentos de patente como fonte de informação. A metodologia na prospecção se baseou no levantamento dos dados na base Espacenet entre os anos de 2018 a 2021 com a finalidade de encontrar documentos de patentes relacionadas às células solares voltadas para telhados e casas.

Observou-se que o ano que apresentou maior número de depósito foi 2018. A China se destaca por deter o maior número de patentes, porque é conhecido com seus elevados investimentos em ciência e tecnologia, hoje proporcionalmente é o país que mais investe em C & T e em energia solar. Os principais inventores e depositantes encontrados foram de países asiáticos. A Classificação Internacional de Patentes mais recorrente foi a H02J7/35 que representa disposições e circuitos ou sistemas para o fornecimento ou distribuição de energia elétrica; sistemas para armazenamento de energia elétrica/células sensíveis à luz. Em relação a estimativa de impacto verificou-se que 25% das patentes estão voltadas para aplicação em telhados, especificamente telhados empresas, estacionamentos, agropecuária entre outros, com isso empresas e/ou instituições de pesquisa podem desenvolver melhores estratégias e planejar o futuro desejado dos seus produtos, a fim de atender determinados segmentos do mercado.

**Palavras – Chaves:** Prospecção tecnológica, energia renovável, células solares, impacto

## Abstract

Electric energy is an important resource for the development of human society. In this sense, there is also an increase in concern about environmental impacts and the depletion of fossil fuel reserves. The present work aims to verify the impact of the applicability of solar cell technologies using technological prospecting tools, in particular the use of patent documents as a source of information. The methodology in the prospection was based on the survey of data in the Espacenet base between the years 2018 to 2021 in order to find patent documents related to solar cells aimed at roofs and houses. It was observed that the year with the highest number of deposits was 2018. China stands out for holding the highest number of patents, because it is known for its high investments in science and technology, today it is proportionally the country that invests the most in C & T and in solar energy. The main inventors and depositors found were from Asian countries. The most recurrent International Patent Classification was H02J7/35, which represents arrangements and circuits or systems for supplying or distributing electrical energy; systems for storing electrical energy/light sensitive cells. Regarding the impact estimate, it was found that 25% of the patents are aimed at application on roofs, specifically corporate roofs, parking lots, agriculture and livestock, among others, with this, companies and/or research institutions can develop better strategies and plan the desired future of its products in order to serve certain segments of the market.

**Keywords:** Technological prospecting, renewable energy, solar cells, impact

## Resumen

La energía eléctrica es un recurso importante para el desarrollo de la sociedad humana. En este sentido, también aumenta la preocupación por los impactos ambientales y el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles. El presente trabajo tiene como objetivo verificar el impacto de la aplicabilidad de las tecnologías de celdas solares utilizando herramientas de prospección tecnológica, en particular el uso de documentos de patentes como fuente de información. La metodología en la prospección se basó en el levantamiento de datos en la base Espacenet entre los años 2018 a 2021 con el fin de encontrar documentos de patentes relacionadas con celdas solares destinadas a techos y viviendas. Se observó que el año con mayor cantidad de depósitos fue el 2018. China se destaca por poseer la mayor cantidad de patentes, pues es conocida por sus altas inversiones en ciencia y tecnología, hoy en día es proporcionalmente el país que más invierte en C&T y en energía solar. Los principales inventores y depositantes encontrados eran de países asiáticos. La Clasificación Internacional de Patentes más recurrente fue la H02J7/35, que representa arreglos y circuitos o sistemas para el suministro o distribución de energía eléctrica; sistemas para almacenar energía eléctrica/células sensibles a la luz. En cuanto a la estimación de impacto, se encontró que el 25% de las patentes están dirigidas a la aplicación en techos, específicamente techos corporativos, estacionamientos, agricultura y ganadería, entre otros, con esto las empresas y/o instituciones de investigación pueden desarrollar mejores estrategias y planes. el futuro deseado de sus productos para atender a ciertos segmentos del mercado.

**Palabras clave:** Prospección tecnológica, energías renovables, celdas solares, impacto.

## Introdução

A geração de energia elétrica para o desenvolvimento de uma país é essencial para o crescimento econômico, porém exige-se um incremento da eficiência energética e a sustentabilidade da produção que assegure e possibilite um desenvolvimento sustentável com impactos ambientais reduzidos (Barbier, 2015).

Neste cenário de crescimento sustentável discute-se o processo de reestruturação da matriz energética mundial e a energia solar fotovoltaica se configura como um caminho alternativo e promissor (Moreira & Souza, 2020). Este tipo de fonte de energia pode oferecer inúmeras vantagens na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, trazendo de forma perceptível, confiabilidade técnica, custo benefício e baixo impacto ambiental (Aquino, 2019).

O Brasil tem posição de destaque na geração de fontes de energia renovável entre os países que compõem o BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul). A matriz energética brasileira foi formada em 2019 por 45% de fontes renováveis e 54% de fontes fósseis. As fontes de energias fósseis representaram 97% da matriz energética da África do Sul, 92% da Rússia e 87% da China. Na geração de energia fotovoltaica o território brasileiro possui vantagem por receber elevados índices de radiação, somente em 2022, a capacidade instalada em energia fotovoltaica cresceu 66% no Brasil (Brasil, 2022). A energia solar representa atualmente 2,6% da matriz energética do país, conforme o Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE, 2022).

Consequentemente, a geração de energia solar fotovoltaica nas casas se tornou uma alternativa na geração de energia de baixo custo, que permite a troca de energia com a concessionária e a redução na conta de energia (Souza *et al.*, 2022). Além disso, a energia solar possui a característica de descentralização da produção, em outras palavras, produzir a energia em seu próprio domicílio representa mais independência para o consumidor, ou seja, não depender dos custos de distribuição e nem altos encargos do governo (Souza *et al.*, 2022).

Dado o potencial de aproveitamento dessa energia, a indústria fotovoltaica consolidou-se nos mercados desenvolvidos pela demanda e a escala de produção, aliado ao desenvolvimento tecnológico específico. Desse modo, as patentes são um bom indicador para compreender as mais recentes informações em dados do setor tecnológico, isto porque, a novidade é um critério a ser respeitado no momento do depósito da patente e a informações técnico-científico que consta em um documento de patente não será encontrado em qualquer outro local (Esposito & Fuchs, 2013).

Sampaio (2015) acrescenta, que os estudos sobre as futuras tecnologias são tentativas de identificar, a longo prazo, o futuro científico e tecnológico de um determinado tema. Cortezo (1999, p. 3) enfatiza que o estudo de prospecção tecnológica é “um exercício coletivo de análise e comunicação que objetiva identificar os prováveis componentes de cenários futuros: as projeções tecnológicas, seus efeitos sociais e econômicos e as forças restritivas e impulsionadoras para tais tecnologias”.

Além disso, o estudo da prospecção tecnológica envolve o mapeamento e a evolução de conhecimentos científicos e tecnológicos capazes de influenciar,

de forma relevante, uma determinada indústria, a economia ou a sociedade como um todo (Kupfer & Tigre, 2004).

Logo, é de suma importância analisar também o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares fotovoltaicas, sobretudo em relação aos telhados e casas, com o fito de prever tendências futuras, desenvolver melhores estratégias e fornecer informações úteis a nível público e privado.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo verificar o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares empregando as ferramentas de prospecção tecnológica, em especial a utilização de documentos de patente como fonte de informação.

## **Referencial Teórico**

### **Energia Solar Fotovoltaica**

O efeito fotovoltaico foi descoberto pelo físico francês Edmond Becquerel em 1839, utilizando uma célula eletroquímica para gerar uma diferença de potencial entre dois eletrodos, quando o dispositivo era submetido à luz. Somente em 1880 que foram desenvolvidos os primeiros painéis solares por Charles Fritts e instalados em um telhado na cidade Nova York, mas foi em 1940 que Russel Ohl registrou a primeira patente, tornando os painéis solares viáveis para aplicações práticas (Lima *et al.*, 2020).

Além da característica de ser uma energia limpa, a geração com base na energia solar fotovoltaica possui diversas vantagens: as células fotovoltaicas produzidas em módulos facilitam a manutenção e expansão do sistema, a produção de painéis ficaram mais eficientes e mais baratos em decorrência da inovação e desenvolvimento tecnológico, como também, a vida útil prolongada em seu funcionamento (CETEM, 2019).

Um sistema fotovoltaico se trata de uma fonte de potência solar, em que células fotovoltaicas transformam a radiação solar em energia elétrica. Os painéis solares ou módulos, são constituídos por um conjunto de células solares conexas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes verificadas em projeto. O conjunto destes módulos é denominado de gerador fotovoltaico e juntamente com inversores, baterias e um controlador de carga formam o sistema fotovoltaico (Ribeiro *et al.*, 2022).

Em relação ao mercado fotovoltaico, a Europa é caracterizada pela maior parcela consumidora e a China concentra os principais fabricantes. As empresas chinesas entraram na fabricação de módulos fotovoltaicos por meio do desenvolvimento tecnológico, mobilização global de talentos, capacidade de fabricação ideal e integração de cadeias de valor da China (Zhang, 2017).

No Brasil, a ampliação da produção fotovoltaica deve-se pelo esforço de programas governamentais de incentivo a execução de projetos, um exemplo é o Ministério de Minas e Energia – Eletrobrás/CEPEL que proporciona apoio técnico e financeiro as instituições nacionais (Ribeiro, 2020).

### **Células Fotovoltaicas**

A maior parte das células solares são produzidas a partir do silício grau solar, por ser um semicondutor e possuir uma elevada abundância na crosta terrestre, na forma de Quartizo (SiO<sub>2</sub>) (Moehlecke, 2017). As principais células

solares encontradas no mercado é o silício cristalino (c-Si) e subdividem em: silício monocristalino e policristalinos, e as de silício amorfo (a-Si) (Machado & Miranda, 2015)

O silício monocristalino (m-Si) é obtido através do processo de Czochralski (CZ), que é um método de crescimento de semicondutores em um reator, adicionado geralmente fósforo e boro pra potencializar as propriedades condutoras. O silício monocristalino é o que apresenta melhores resultados de eficiência entre as diversas tecnologias hoje no mercado. (Oliveira & Araujo, 2021.) A empresa *Sun Power* desenvolveu a célula solar fotovoltaica com maior eficiência comprovada, aproximadamente 24,2% de aproveitamento, comprovada pelo órgão americano NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) (Green et al., 2016).

O silício policristalinos é produzido a partir da solidificação de um bloco de silício fundido, neste processo os cristais orientam-se na direção fixa produzindo lingotes quadrados fundidos de Multi-Si, são cortados depois em Wafer (Kumar & Kumar, 2017).

As células de silício monocristalino são consideradas a de maior eficiência no mercado, porém tem um custo de produção elevado. O silício monocristalino possui uma eficiência em torno de 13 a 15% e o silício amorfo na faixa de 5 a 8% de aproveitamento (Torres, 2019).

As células de silício amorfo contêm elevado nível de desordem na sua estrutura atômica. Na confecção das mesmas são utilizados filmes muito finos que podem ser depositados sobre substratos, como aço ou vidro. Nesse processo, não existe a etapa de corte que facilita a confecção das células e, assim são obtidas na forma de fitas com baixo custo de produção, mas com baixa eficiência de conversão (CETEM, 2019).

Além disso, a produção de células solares é desenvolvida também por materiais semicondutores orgânicos, possuem características interessantes como: flexibilidade, transparência, custo reduzido de produção. Entretanto, possuem problemas relacionados a degradação, inviabilizando a produção em escala comercial (Rosa & Toledo, 2020).

## **Estimativa do Impacto**

### **Probabilidade Condicional**

A Teoria das Probabilidades se apresenta como um estudo teórico de fenômenos envolvendo a incerteza utilizando ferramentas básicas do Cálculo Matemático. Esses fenômenos, conhecidos como aleatórios, estocásticos ou não determinísticos, são aqueles que a sua repetição, em condições idênticas, produz resultados diferenciados, isto é, não é possível determinar, com exatidão, qual o seu resultado. Esses fenômenos, na verdade, são predominantes em todas as áreas do conhecimento (Bayer et al., 2005).

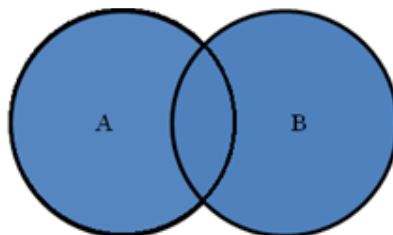
A probabilidade é a parte da matemática que se preocupa em mensurar a ocorrência de um evento de um determinado experimento aleatório (Fonseca, 2013). No estudo da probabilidade destaca-se uma parte fundamental, a probabilidade condicional. Para um melhor entendimento dessa probabilidade veremos alguns conceitos básicos probabilísticos, como os da teoria dos conjuntos “União e a Intersecção” (Farias, 2016).

- União: A união de dois eventos A e B é o evento que corresponde à ocorrência de pelo menos um deles. Note que isso significa que pode ocorrer apenas A. Esse evento será representado por  $A \cup B$  (ver Figura 6).

➤ **Figura 6 - União de dois eventos:  $A \cup B$**

*Fonte: Elaborado pela autora (2016)*

- Intersecção: O evento intersecção de dois eventos A e B é o evento que equivale à ocorrência simultânea de A e B (ver Figura 7). Seguindo

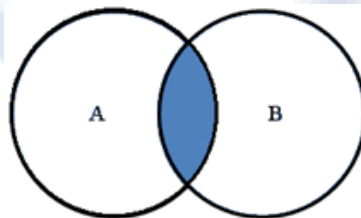


a notação da teoria de conjuntos, a intersecção de dois eventos será representada por  $A \cap B$ .

**Figura 7- Intersecção de dois eventos:  $A \cap B$**

*Fonte: Elaborado pela autora (2016)*

Portanto, a probabilidade condicional é uma medida de probabilidade,



de forma a representar melhor as chances de eventos aleatórios a partir da informação de que um dado evento aconteceu (Rolla, 2016).

De acordo com Marques (2000), considere que desejamos calcular a probabilidade da ocorrência de um evento A, sabendo-se de antemão que ocorreu certo evento B. Pela definição de probabilidade vista anteriormente, sabemos que a probabilidade de A deverá ser calculada, dividindo-se o número de elementos de A que também pertencem a B, pelo número de elementos de B. A probabilidade de ocorrer A, sabendo-se que já ocorreu B, é denominada Probabilidade condicional e é indicada por  $P(A/B)$  (Silva, 2012).

Logo, a probabilidade de ocorrência de um evento A em relação a um evento ocorrido B é expressa como:

$$P(A/B)$$

Para calculá-la podemos nos utilizar da fórmula:

Sabemos que  $P(A \cap B)$ , a probabilidade da intersecção, é a razão do seu número de elementos, para o número de elementos do espaço amostral:

A probabilidade de B também é a razão do seu número de elementos,

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)}$$

para o número de elementos do espaço amostral:

$$P(A \cap B) = \frac{n(A \cap B)}{n(S)}$$

Então substituindo na fórmula original temos:

$$P(B) = \frac{n(B)}{n(S)}$$

Onde  $A \cap B$  = interseção dos conjuntos A e B.

$$P(A/B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \Rightarrow P(A/B) = \frac{\frac{n(A \cap B)}{n(S)}}{\frac{n(B)}{n(S)}} \Rightarrow P(A/B) = \frac{n(A \cap B)}{n(B)}$$

Dessa forma, o presente estudo utiliza a probabilidade condicional como meio de analisar o impacto entre tecnologias das células solares voltada para telhados e casas, através de informações retiradas das patentes.

Nesse contexto, o uso das informações de patentes pode eliminar a necessidade de uma análise conceitual ou qualitativa da evolução tecnológica. Além disso, os dados de patentes podem explicar empiricamente a maioria dos aspectos das atividades de inovação tecnológica nos países desenvolvidos. Em resumo, a informação sobre patentes pode ajudar pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia para tomar decisões tecnológicas e facilitar a formulação de diretrizes políticas e econômicas, além de estratégias governamentais de longo prazo (Choi et al., 2007).

#### Método do Impacto

O impacto é estimado na forma de probabilidade condicional. Os quatro principais passos na realização de uma análise de impacto são as seguintes (Choi et al., 2007):

- Definir os eventos a serem incluídos na análise.
- Estimar a probabilidade inicial de cada evento.
- Estimar as probabilidades condicionais (ou impactados) para cada par de eventos.
- Avaliar os resultados.

O primeiro passo destina-se a definir os eventos a serem incluídos no presente estudo. O próximo passo é calcular a probabilidade de cada evento inicial (o segundo passo) e terceiro passo é calcular as probabilidades condicionais para cada par de eventos.

A probabilidade de ocorrência  $P(A)$  é definida somente como o número

patente telhados divididos pelo total de patentes encontrada na busca (Espaço amostral total) e a probabilidade condicional  $P(B | A)$  como o número de patentes que preveem que os eventos A e B ambos ocorrem dividido pelo número de patentes do evento A tenha ocorrido. Esta abordagem é muito útil para a aquisição de uma estimativa consistente de ocorrência e probabilidades condicionais. Neste estudo, o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares será analisado com base nas informações retiradas das patentes.

#### Agrupamento da Aplicabilidade da Tecnologia

O impacto da aplicabilidade de tecnologias de placas fotovoltaica pode ser derivado a partir de características da patente. O índice de impacto (A, B) é definida como uma probabilidade condicional. Isso significa que o impacto da aplicabilidade da tecnologia de placa fotovoltaica "A" na tecnologia de "B" e o impacto da aplicabilidade da tecnologia de placa fotovoltaica "B" na tecnologia de "A" podem ser definidos como se segue: (Choi et al., 2007).

$$\text{Impacto (A, B)} = (B/A) = \frac{N(A \cap B)}{N(A)}$$
$$\text{Impacto (B, A)} = (A/B) = \frac{N(A \cap B)}{N(B)}$$

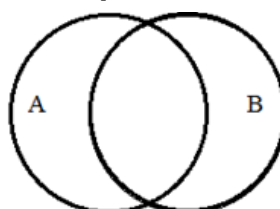
Nesta equação,  $N(A)$  refere-se ao número total de patentes incluídas em A,  $N(B)$  refere-se ao número de patentes incluídas em B e  $N(A \cap B)$  indica o número de patentes incluída sem A e B. O impacto pode ser analisado através do cálculo da probabilidade condicional com o número de patentes.

A pontuação do índice varia de 0 a 1. Quanto mais próximo o resultado for 1, mais impacto A tem em B e quanto mais próximo o resultado é a 0, menor o impacto (Choi et al., 2007).

Para, além disso, é importante mencionar o agrupamento padrão do impacto. Tal agrupamento do impacto ajuda a identificar as características do relacionamento e da própria tecnologia, notam-se as figuras a baixos tipos padrão de impacto.

Observa-se na figura 1, que a maior parte das patentes em tecnologias de A e B e a sobreposição, intersecção na figura é relativamente grande, portanto, tanto o Impacto (A, B) e o Impacto (B, A) são altos. Por exemplo, assumindo que  $N(A) = 50$ ,  $N(B) = 50$ , e  $N(A \cap B) = 40$ , Impacto (A, B) é de 0,8 (= 40/50), 80% e Impacto (B, A) está também 0,8, 80%. Logo as probabilidades condicionais são relativamente altas. Este padrão é chamado de impacto bidirecional (Duas direções). Assim, tem alto Impacto (A, B) e alto impacto (B, A).

**Figura 1 - Impacto Bidirecional**

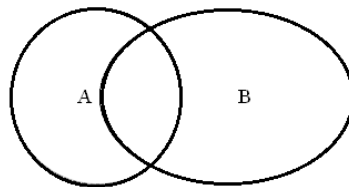


**Fonte: Elaborado pela autora (2016), A partir de Choi et al. (2007, p. 1302)**

Na figura 2, mostra o impacto unidirecional (Apenas uma direção). Embora a grande porção de patentes em tecnologia de A também está incluída na tecnologia B, a porção de patentes em tecnologia B que também está

incluído na tecnologia A é relativamente pequena. Isto significa que Impacto (A, B) é alto, mas Impacto (B, A) é baixa.

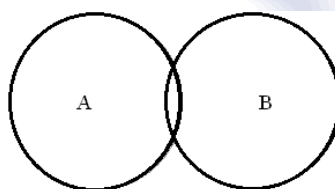
**Figura 2 - Impacto Unidirecional**



*Fonte: Elaborado pela autora (2016), A partir de Choi et al. (2007, p. 1302)*

Na figura 3 descreve o caso apresentar nenhum impacto. As tecnologias A e B são quase exclusivas e há pouca intersecção entre eles. Se  $N(A) = 400$ ,  $N(B) = 400$ , e  $N(A \cap B) = 40$ , O impacto (A, B) e o impacto (B, A) são de 0,1, 10%. Basicamente, estes dois tipos de tecnologias podem ser ditos independente, portanto, nenhum impacto (A, B) e nenhum impacto (B, A).

**Figura 3 - Nenhum Impacto**



*Fonte: Elaborado pela autora (2016), A partir de Choi et al. (2007, p. 1302)*

## Metodologia

O presente estudo emprega uma pesquisa de carácter exploratório com uma abordagem quantitativa. Para Pereira et al. (2018) em métodos quantitativos utiliza-se a coleta de dados quantitativos ou numéricos por meio de medições de grandezas, gerando conjuntos de dados que podem ser analisados por meio de técnicas matemáticas.

A base escolhida para realização desse trabalho foi a Espacenet, pois é serviço online gratuito para a busca de patentes e pedidos de patentes, desenvolvido pelo Instituto Europeu de Patentes (EPO) em conjunto com os Estados membros da Organização Europeia de Patentes (EPO, 2022). A maioria dos Estados-Membros tem um serviço Espacenet na sua língua nacional e acesso a banco de dados mundial da EPO, a maioria das quais está em Inglês.

A busca de documentos de patentes foi realizada em novembro de 2022 utilizando-se as palavras chaves no título e resumo: “Cell Solar Roff”, “Cell Solar Residence”, “Cell Solar Home”, “Cell Solar house” e “Cell solar and roff and residence and home and house” entre os anos de 2018 a 2021 com a finalidade de encontrar documentos de patentes relacionadas às células solares voltadas para telhados e casas.

Com isso, a presente pesquisa foi desenvolvida da seguinte maneira: Primeiramente foi realizado busca de patentes e dividido em três grupos: O grupo A representada pelas palavras chaves “Cell solar Roff” são patentes direcionadas para sua aplicação em telhados. O grupo B representa “Cell Solar

Residence”, “Cell Solar Home” e “Cell Solar house” são patentes direcionadas para sua aplicação em casas.

Foram encontradas no Grupo A e B 2332 patentes, cuja análise da intersecção dos grupos, resultou no número de 194 patentes que pertencem simultaneamente ao conjunto A e ao conjunto B.

Através do conceito de probabilidade condicional, que é uma medida de probabilidade muito importante, foi observado o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares voltadas para telhados ou casas e, verificou-se em qual categoria as células estão sendo mais utilizadas.

Guimarães (2016) desenvolveram um software estatístico para fazer o cálculo da Probabilidade Condicional, e assim verificar o impacto da aplicabilidade de tecnologias.

Por fim, os dados foram selecionados, tabulados, extraídos para o Excel e selecionados de acordo com os anos de pedido das patentes, perfil de depositantes, países de depósito, inventores de acordo a quantidade de pedidos de proteção e quantidades de patentes de acordo a Classificação Internacional de Patentes (CIP).

## Resultados e Discussão

### Busca das patentes

Na tabela 1 foi relacionado a quantidade de patentes do Grupo A, Grupo B e a intersecção do Grupo A com o Grupo B; totalizando a quantidade de 2.332 e após a exclusão das patentes duplicadas, foram encontradas 2.129 patentes.

**Tabela 1** – Resultados da busca de patentes na base de dados Espacenet no período de 2018 a 2021

| Grupos     | Palavras-Chaves                                      | Patentes | Total | Total sem duplicadas |
|------------|------------------------------------------------------|----------|-------|----------------------|
| A          | Cell solar and Roff                                  | 1573     | 2332  | 2129                 |
| B          | Cell solar and home                                  | 121      |       |                      |
|            | Cell solar and house                                 | 611      |       |                      |
|            | Cell solar and residence                             | 27       |       |                      |
| $A \cap B$ | Cell solar and roff and home and house and residence | 194      | -     | -                    |

*Fonte: Elaborado pelos autores (2023)*

### Análise dos dados referentes ao número de depósito por ano

Para uma análise mais atual sobre células solares, foi delimitado tempo da pesquisa, sendo assim, a figura 4 mostra a evolução atual das patentes sobre tema abordado, na qual pode-se perceber que o ano de 2018 obteve uma quantidade de 897 depósitos de patentes sobre tecnologia em estudo com uma representatividade de 42% em relação aos demais anos. Percebe-se

também uma queda no número de depósitos a partir do ano de 2019, esse fato pode estar relacionado em alguns pontos mencionado abaixo (WIPO, 2020).

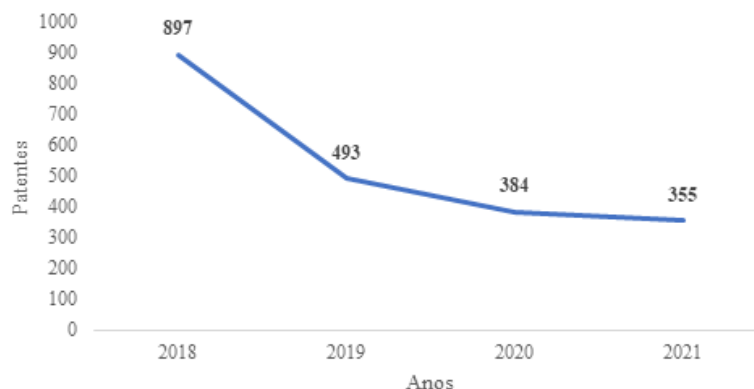
Nesse contexto, segundo o relatório Tendências Globais no Investimento em Energias Renováveis em 2019, publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente e pela BloombergNEF\*, o investimento em capacidade de energias renováveis ultrapassou 250 bilhões de dólares por ano entre 2014 e 2018, no entanto, o quadro de investimento varia de ano para ano (GLOBAL TRENDS IN RENEWABLE ENERGY INVESTMENT 2019).

Como Yongping Zhai e Yoonah Lee explicaram num artigo para o Fórum Económico Mundial, o investimento em energias renováveis está diminuindo, mas isto não é necessariamente uma má notícia. “O crescimento mais lento do investimento em energia renovável pode ser atribuído principalmente à queda dos custos em energia solar e eólica em todo o mundo, e à mudança nas condições de mercado com subsídios reduzidos em muitos países. Em outras palavras, o investimento necessário é menor para instalar o mesmo nível de capacidade de energia solar ou eólica”, observam os autores. Vale a pena ter esses fatores em mente ao analisar as tendências de patenteamento no setor das energias renováveis (Zhai & Lee, 2019).

Por outro lado, os mercados de energia renovável estão amadurecendo à medida que mais projetos solares e eólicos podem ser financiados em termos comerciais em muitos países por meio de leilões (Teixeira, 2019).

Até 2030, a energia solar fotovoltaica será a fonte de eletricidade mais barata, com seu custo nivelado em torno de US\$ 0,046/kWh, seguida pela energia eólica onshore a US\$ 0,050/kWh, ambas muito mais baixas do que a energia a carvão em US\$ 0,096/kWh, de acordo com a Energy Intelligence. Nesse contexto, governos de todo o mundo começaram a eliminar gradualmente os subsídios à energia solar e eólica na forma de tarifas feed-in, que foram implementadas quando o custo da energia renovável era muito alto, para garantir um retorno adequado aos investidores (Zhai & Lee, 2019).

**Figura 4 - Número de depósitos de patentes por ano no período de 2018 a 2021**



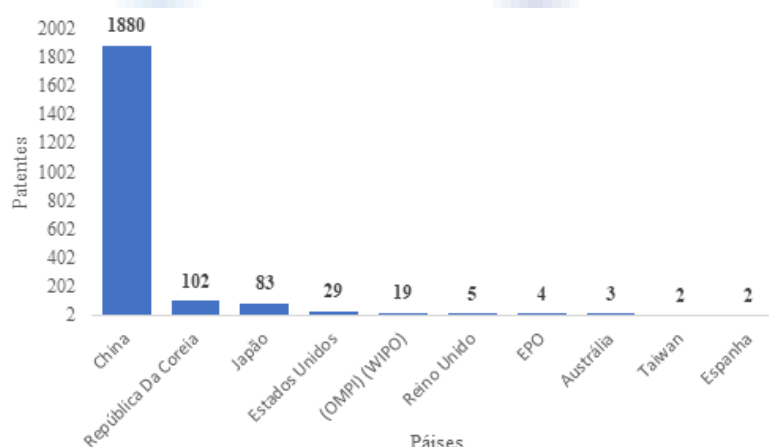
**Fonte:** Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados na base de dados Espacenet

#### Análise dos dados referentes ao número de depósito por país

A Figura 5 apresenta a distribuição por país das patentes analisadas. O país com maior número de patentes depositadas foi a China com 1880 documentos e uma representatividade de 88% em relação aos outros países. Seguido da República da Coreia, com 102 documentos e uma representatividade de 5% e Japão com 83 documentos e uma representatividade de 4%. Percebe-se que os países asiáticos possuem alto índice de aproveitamento de energia solar e a China é um dos maiores produtores e consumidores de energia fotovoltaica do mundo.

De acordo com o Grupo de Estudos do Setor Elétrico - GESEL (2022), alguns países asiáticos economizaram aproximadamente US\$ 34 bilhões ao utilizarem energia solar, de acordo com um relatório feito por três think tanks climáticas apresentado durante a COP27. A maior parte da economia está na China, segundo o documento. O valor corresponde a 9% dos custos totais de combustíveis fósseis que os países incorreram no mesmo período em 2022.

**Figura 5 - Quantidade de patentes por país depositante no período de 2018 a 2021**



**Fonte:** Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados na base de dados Espacenet

#### Análise dos dados referentes aos cinco principais inventores

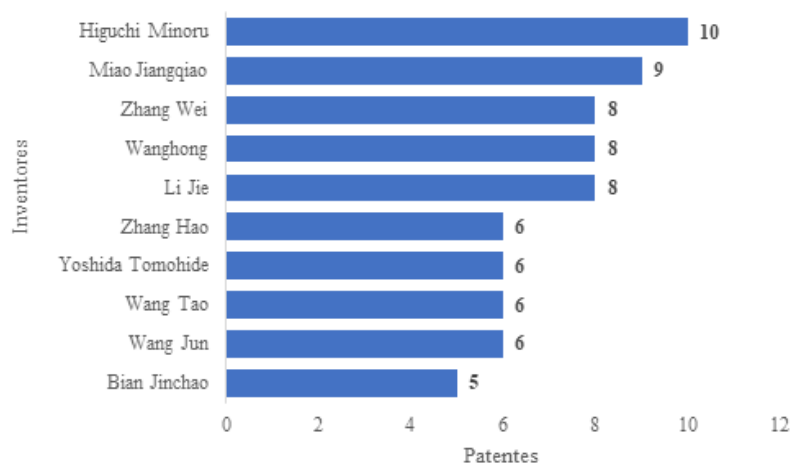
Na Figura 6 foram identificados os dez principais inventores que obteve maior número de depósitos de patentes sobre tema, todos são países asiáticos. A China e Japão são os países com maior quantidade de depósito de patente em relação aos demais países encontrados na pesquisa, existindo uma relação entre os principais depositantes de patentes e os inventores que apresentaram maior frequência na pesquisa.

Vale ressaltar a biografia dos dois inventores que obteve maior número de patentes: O Minoru Higuchi Chinês é um pesquisador acadêmico. O autor contribuiu para a pesquisa nos tópicos: Bateria solar e energia solar. O autor tem um hindex de 3, co-autor de 4 publicações, recebendo 45 citações, foco são em bateria solar, energia solar, fixação e refrigeração.

Miao Jiangqiao Chinês é um pesquisador acadêmico. O autor contribuiu para a pesquisa nos tópicos: Armazenamento de energia e bomba de ar. O

autor tem um hindex de 6, coautor de 221 publicações recebendo 321 citações, seu principal foco são armazenamento de energia, bomba de ar, controlador (computação), sistema fotovoltaico, fluxo de ar (Scispace, 2022).

**Figura 6 - Depósito de patentes dos 10 (dez) principais inventores**



**Fonte:** Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados na base de dados Espacenet

Análise dos dados referentes às principais depositantes

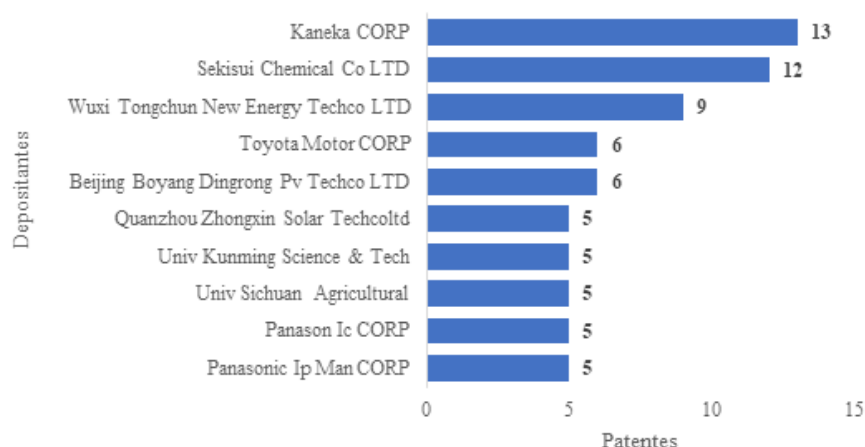
Dentre todos os depositantes encontrados nesse estudo, destacam-se 10 (dez), que obtiveram o maior número de depósitos, conforme ilustra a figura 7. Segue, portanto, a biografia dos depositantes.

A Kaneka COPR é uma empresa global, cujas principais sedes estão localizadas em Osaka e Tóquio, no Japão. A companhia iniciou suas atividades em 1949 e atua hoje em vários segmentos: Produtos químicos, plásticos e polímeros especiais, plásticos expandidos, produtos alimentícios, fertilizantes, intermediários para a indústria farmacêutica, equipamentos médicos, produtos eletrônicos e fibras sintéticas. A visão empresarial baseia-se na condução dos negócios de forma sustentável, visando manter e melhorar o ecossistema (Kaneka, 2022).

A Sekisui Chemical foi fundada em 3 de março de 1947, é uma fabricante de plásticos com sede em Osaka e Tóquio. A empresa possui uma infinidade de subsidiárias envolvidas em uma variedade de negócios. O Grupo posiciona o meio ambiente como a chave mais importante para transformar suas atividades de negócios e modelo de negócios de uma maneira que ajude a conservar o meio ambiente global, garantindo negócios sustentáveis (Sekisui, 2022).

E por fim, a Wuxi Tongchun New Energy Tech tem um total de 507 pedidos de patente. Sua primeira patente foi publicada em 2010. Ela registrou suas patentes com mais frequência na China. Seus principais focos são tecnologia ambiental, maquinário elétrico, energia e biotecnologia.

**Figura 7 - Principais depositantes no período de 2018 a 2021**



**Fonte:** Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados na base de dados Espacenet

Análise dos dados referentes aos números de depósitos pela Classificação Internacional de Patentes (CIP)

O mapeamento quanto a áreas tecnológicas pode evidenciar as principais áreas exploradas no depósito de patentes. Na figura 8, a classe de maior destaque foi a H02J (Disposições e circuitos ou sistemas para o fornecimento ou distribuição de energia elétrica; sistemas para armazenamento de energia elétrica). Observa-se também que as seções que mais se destacam nesse estudo são A, H, E e F que representam respectivamente, necessidades humanas, eletricidade, construções fixas e engenharia mecânica; iluminação; aquecimento; armas; explosão.

**Figura 8 - Número de patentes por Código de Classificação Internacional de Patentes - CIP**

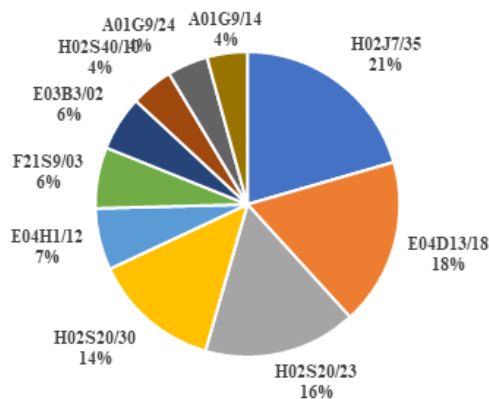
| IPC          | PATENTES    |
|--------------|-------------|
| H02J7/35     | 374         |
| E04D13/18    | 322         |
| H02S20/23    | 296         |
| H02S20/30    | 247         |
| E04H1/12     | 119         |
| F21S9/03     | 118         |
| E03B3/02     | 106         |
| H02S40/10    | 82          |
| A01G9/24     | 79          |
| A01G9/14     | 78          |
| <b>TOTAL</b> | <b>1821</b> |

**Fonte:** Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados na base de dados Espacenet

A Figura 9 ilustra a distribuição de cada classificação Internacional de patentes. Analisando as dez classificações que apresentam maiores ênfases na pesquisa, nota-se que a maior concentração de pedidos (21%) está relacionada à subclasse H02J e subgrupo H02J7/35 que representa disposições e circuitos ou sistemas para o fornecimento ou distribuição de energia elétrica; sistemas

para armazenamento de energia elétrica/células sensíveis à luz, em seguida a subclasse E04D e subgrupo E04D13/18 com (18%) que representa Aspectos de cobertura de telhados relativos a dispositivos que colem energia, p. ex. incluindo painéis solares (coletores solares térmicos integrados ao telhado das construções.

**Figura 9 - Participação das principais classificações**



**Fonte:** Elaborado pelo autor, a partir dos dados coletados na base de dados Espacenet

Estimativa do impacto através do cálculo da probabilidade condicional

Por meio do estudo sobre as patentes busca-se estimar o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares voltada para telhados ou aplicabilidade nas casas, através do emprego de probabilidade condicional.

O quadro 1 mostra o agrupamento das patentes por aplicação, sendo que o grupo A representa todas as patentes tem possuem sua aplicação das células em telhado; o grupo B representa todas as patentes que possuem sua aplicação somente em casas e, por fim, no grupo  $A \cap B$  serão representados as patentes que podem ter aplicabilidade das células solares em ambos os grupos (A e B).

**Quadro 1 – Distribuição das patentes**

| Patentes                                                  |                                              |              |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|
| A                                                         | B                                            | $A \cap B$   |
| Aplicabilidade das células solares em telhados (diversos) | Aplicabilidades das células solares em casas | Ambas        |
| 1573 Patentes                                             | 759 Patentes                                 | 194 patentes |

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2022)

Ainda no que tange à tabela 1, percebe-se que o grupo A apresenta 1573 patentes, o grupo B, 759 patentes e o grupo  $A \cap B$  194 patente.

O cálculo do índice de impacto (A/B) resulta:

$$\text{Impacto (A/B)} = \frac{N(A \cap B)}{N(B)} = \frac{194}{759} = 0,27 \text{ (27\%)}$$

O cálculo do índice de impacto (B/A) resulta:

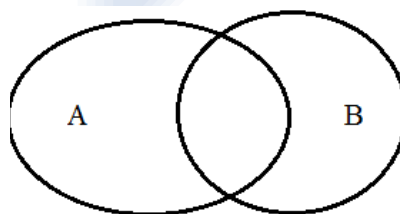
$$\text{Impacto (B/A)} = \frac{N(A \cap B)}{N(A)} = \frac{194}{1573} = 0,12 \text{ (12\%)}$$

O maior impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares é o impacto da tecnologia A (Patentes com aplicabilidades em telhados) na tecnologia B (Patentes com aplicabilidades nas casas), e o escore de impacto, Impacto (A/B) é de 0,25 (25%). Isto significa que 25% das patentes em relação as patentes voltadas para casas estão sendo aplicadas em telhados. Enquanto o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares B (Patentes aplicabilidades nas casas), em relação a A (Patentes com aplicabilidades nos telhados), o escore de impacto (B/A) é de 0,12 (12%), demonstrando um baixo impacto de B em relação a A quando comparado com (A/B).

Observa-se através do cálculo da probabilidade condicional que as tecnologias das células solares estão atualmente sendo aplicados em telhados, a exemplo de telhados para estacionamentos solares ou “Carport”, telhados empresas, agricultura, indústrias entre outras aplicações.

A figura 10 mostra que o agrupamento padrão do impacto ajuda a identificar as características do relacionamento e da própria tecnologia. Como o Impacto (A/B) é de 0,25 (25%), logo é relativamente alto. Ao revés, impacto (B/A) é de 0,12 (12%) que é um valor relativamente baixo quando comparado com o impacto A em relação a B. Assim, diz-se que o impacto de A em relação a B é unidirecional.

**Figura 10 - Impacto Unidirecional**



**Fonte: Elaborado pelos autores (2022)**

Por meio das análises estatísticas é possível prever tendências futuras em relação à aplicação de novas tecnologias, então é importante analisar o impacto através da probabilidade condicional. O resultado dessa análise evidenciou um maior impacto da aplicabilidade de células solares voltadas para aplicação em telhados do que para casas. É importante mencionar que não somente Brasil, como muitos outros países tenham grande potencial para geração de energia solar, apesar de não aparecer como depositante.

Portanto, se uma determinada empresa considerar a possibilidade de desenvolver tecnologias acerca das células solares, observar, baseado nesse estudo, a maior incidência de tecnologias está voltada para aplicação nos telhados. Dessa forma, essas empresas poderão alinhar as inovações de tecnologias aos seus objetivos estratégicos e planejar um futuro para atender o mercado.

## Conclusão

As patentes são amplamente utilizadas como um indicador do grau de inovação em curso, onde e em que áreas. Uma análise mais profunda dos dados pode, portanto, fornecer uma gama de visões sobre a inovação neste setor (WIPO, 2020)

De acordo com a pesquisa realizada observa-se que o depósito mundial de patentes sobre a aplicação de células solares tem um crescimento no ano de 2018, porém nos anos posteriores houve uma queda devido alguns fatores como: o investimento em energias renováveis está diminuindo, mas isto não é necessariamente uma má notícia, isso porque o investimento necessário é menor para instalar o mesmo nível de capacidade de energia solar ou eólica". Vale a pena ter esses fatores em mente ao analisar as tendências de patenteamento no setor das energias renováveis. Não se pode olvidar, por oportuno, a influência da pandemia da Covid 2019 para redução mencionada.

A China se destaca por deter o maior número de patentes, porque é conhecido com seus elevados investimentos em ciência e tecnologia, hoje proporcionalmente é o país que mais investe em C & T e China tornou-se o primeiro país a ultrapassar os 100 GW de capacidade solar. Seu objetivo é atingir 1.330 GW até 2050.

O Brasil não apresentou nenhum depósito de patentes sobre tema abordado, porém o país tende a crescer neste ambiente porque reúne as condições ambientais de alta incidência de radiação solar. Importante apontar que apesar do país não ter apresentado depósitos de patentes sobre as células solares, o Brasil subiu uma posição no ranking mundial de energia solar, assumindo a 13ª colocação de nações com maior capacidade instalada da tecnologia células solares fotovoltaica.

Ressalte-se, no ponto, que de todos os inventores analisados, todos são países asiáticos, ficando evidente uma forte relação entre os principais inventores e os principais depositantes. A Classificação Internacional de Patentes é importante para ordenar os documentos de patentes, a fim de facilitar o acesso à informação tecnológica neles contida.

A análise do impacto da aplicabilidade das tecnologias de células solares voltadas para casas ou telhados através do cálculo da probabilidade condicional, foi relevante, afinal, observou-se, por meio dos dados coletados nesse estudo, que 27% das patentes desse estudo estão voltadas para a aplicação dessas células em telhado ao invés das casas.

Percebe-se, ainda, que por mais que o impacto da sua aplicação nesse estudo tenha sido menor, com 12% vale ressaltar a importância do uso das células nas casas, pois, a energia solar residencial traz vários benefícios, como a redução da conta de luz em até 95%, valorizar o imóvel, além de ser uma opção de energia limpa, alternativa e sustentável.

Nesse contexto, na hipótese de uma empresa considerar a possibilidade de desenvolver tecnologias de células solares, ao observar que mundialmente a maior incidência de projetos está voltada para aplicação em telhados, seja em

telhados de estacionamentos, indústria, empresas entre outros, assim, poderá alinhar as inovações tecnológicas aos seus objetivos estratégicos e planejar no futuro produtos para segmentos específicos.

Diante do cenário delineado neste trabalho, especialmente dos resultados, a outra conclusão não se pode chegar senão a de que o impacto da aplicabilidade de tecnologias de células solares pode influenciar o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas para esse ramo. À vista dessa constatação, empresas e/ou instituições de pesquisa podem desenvolver melhores estratégias e planejar o futuro desejado dos seus produtos, a fim de atender determinados segmentos do mercado.

## Referências

- ANEEL-Agência Nacional de Energia Elétrica. (2012). Resolução normativa n 482º de 17 de abril de 2012.
- Alayi, R., & Jahanbin, F. (2020). Generation management analysis of a stand-alone photovoltaic system with battery. *Renewable energy research and applications*. (2), 205-209.
- Aquino, P. S. A., & Silva, J.D.C. (2019) Geração solar. *Brazilian applied science review*, 3(1), 370-378.
- Brasil. Energia renovável chega a quase 50% da matriz energética brasileira. Recuperado em 29 novembro, 2022, de <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/08/energia-renovavel-chega-a-quase-50-da-matriz-eletrica-brasileira1#:~:text=quase%20metade%20da%20energia%20energ%C3%A9tica,a%20solar%20vem%20ganhando%20destaques>
- Barbier, B. E. (2015). *Nature and wealth: overcoming environmental scarcity and inequality* (1a Ed.). Springer.
- Bayer, A.; Bittencourt, H.; Rocha, J., & Echeveste, S. (2005) Probabilidade na escola. III congresso internacional de ensino da matemática, Canoas.
- CETEM-Centro De Tecnologia Mineral (2019). *Silício Rochas E Minerais Industriais: Silício Grau Solar-Revisão Das Tecnologias De Produção*.
- EPE-Empresa De Pesquisa Energética. Anuário Estatístico De Energia Elétrica. Recuperado de <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/publicacoesarquivos/publicacao-160/topico168/fact%20sheet%20%20anu%C3%A1rio%20estat%C3%ADstico%20de%20energia%20el%C3%A9trica%202022.pdf>
- Choi, C., Kim, S. & Park, Y. (2015). A Patent-Based Cross Impact Analysis For Quantitative Estimation Of Technological Impact: The Case Of Information And Communication Technology. *Technological Forecasting and Social Change* 74 (8), 1296-1314.
- Cortezo, J. R. (1999). *La Prospectiva Y La Política De Innovación*. Madrid: Observatório De Prospectiva Tecnológica Industrial.
- EPO – O Escritório Europeu De Patentes. Recuperado de <https://www.epo.org/about-us/at-a-glance.html>
- Esposito, A. S.; Fuchs, P. G. (2013). Desenvolvimento Tecnológico E Inserção Da Energia Solar No Brasil. *Revista do BNDES*, (40), 85-113.
- GESEL - O Grupo De Estudos Do Setor Elétrico. Recuperado de <https://gesel.le.ufrj.br/lfe/lfe-economia-da-transicao-energetica-3/>
- Farias, A. M. L. (2010). *Teoria Das Probabilidades I*. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ. Recuperado de <http://www.professores.uff.br/anafarias/Images/Stories/Meusarquivos/Teoprobi-Completa.Pdf>

- Fonseca, V. J. (2013). Probabilidade – Uma Proposta De Ensino – O uso do Teorema da Multiplicação de Probabilidade como um Facilitador e Integrador de Diversas Abordagens deste Assunto. Universidade Federal De Goiás – Instituto De Matemática e Estatística. Goiânia.
- Ghesti, G. F. (2016). Tutorial de Busca nos Principais Bancos de Patentes. Brasília: Centro De Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília.
- Global Trends In Renewable Energy Investment (2019). Recuperado de [File:///C:/Users/Pl%C3%8dnio/Desktop/Gtr2019%20\(1\).Pdf](File:///C:/Users/Pl%C3%8dnio/Desktop/Gtr2019%20(1).Pdf)
- Green, M. A., Emery, K., Hishikawa, Y., Warta, W. & Dunlop, E.D. (2016). Solar Cell Efficiency Tables (Versão 47). Progress In Photovoltaics: Research And Applications, 24, 3-11.
- Guillén-Asensio, A., Sanz-Gorrachategui, I., Pastor-Flores, P., Artal-Sevil, J. S., Bono-Nuez, A., Martín-del-Brio, B., & Bernal-Ruiz, C. (2020, Setembro). Battery State Prediction In Photovoltaic Standalone Installations. 2020 Fifteenth International Conference On Ecological Vehicles And Renewable Energies (EVER), Monte Carlo, Monaco.
- Guimarães, D. C. (2016). O Impacto Da Aplicabilidade De Tecnologia De Placa Fotovoltaica Voltada Para Residência Familiar Usando Prospeção Tecnológica. (Dissertação De Mestrado). Universidade Federal de Sergipe.
- INPI - Instituto Nacional Da Propriedade Industrial. Tutorial. Recuperado de <Http://Ipc.Inpi.Gov.Br/Classifications/Ipc/Ipcpub/Media/Help/Pt/Guide.Pdf>
- Kaneka Corp, Recuperado em 30 novembro, 2022, de <Https://Www.Kaneka.Com/Ksa/Empresa>
- Kumar, M., & Kumar, A. (2017). Performance Assessment and Degradation Analysis Of Solar Photovoltaic Technologies: A Review. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 78, 554–587.
- Kupfer, D., & Tigre, P. (2004). Modelo Senai De Prospeção: Documento Metodológico. Montevideo: Cinterfor/OIT. Recuperado de [Http://Www.Ie.Ufrj.Br/Gic/Pdfs/Modelo\\_Senai\\_De\\_Prospcao\\_Cap2.Pdf](Http://Www.Ie.Ufrj.Br/Gic/Pdfs/Modelo_Senai_De_Prospcao_Cap2.Pdf)
- Lima, A. A., Menezes, N. P., Santos, S., Amorim, B., Thomazi, F., Zanella, F., Heilmann, A., Burkarter, E., & Dartora, C. A. (2020). Uma Revisão Dos Princípios Da Conversão Fotovoltaica De Energia. Revista Brasileira De Ensino De Física, 42.
- Machado, C.T., & Miranda, F. S. (2015). Photovoltaic Solar Energy: A Briefly Review. Revista Virtual De Química, 7(1), 126-143.
- Moehleck, A., Campos, R. C., & Zanesco, I. (2017). Células Solares Finas Em Silício Tipo N: Avaliação De Diferentes Pastas Metálicas Para Contato Elétrico Da Face Dopada Com Boro. Tecnol. Metal. Miner., São Paulo, 14(3), 250-256.
- Moura, A. M. M., Santos, F. B., Magnus, A. P. M., & Consoni, L. A. E. A. (2019). Fontes De Informação Em Patentes: Análise Das Características Das Bases Derwent Innovations Index, Orbit, Inpi, Google Patents E Patentscope Com Base Na Produção Tecnológica Da Ufrgs. Revista De Biblioteconomia E Ciência Da Informação, 5(2), 17-27.
- Moreira Jr., O., & Souza, C. C. (2020) Aproveitamento Fotovoltaico, Análise Comparativa Entre Brasil E Alemanha. Interações, 21(2), 379-387.
- Oliveira, E. A. F., & Araújo F., J. G. (2015). Perspectivas Da Geração E Aplicação Da Energia Solar Fotovoltaica No Brasil: Uma Revisão Da Literatura (2015-2019). Revista Ibero-Americana De Ciências Ambientais, 12(5).
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Pereira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia Da Pesquisa Científica. UFSM.
- Pereira, E. B., Martins, F. R., Gonçalves, A. R., Costa, R. S., Lima, F. L., Rüther, R., Abreu, S. L., Tiepolo, G. M., Pereira, S. V. & Souza, J. G. (2017). Atlas Brasileiro De Energia Solar. (2a ed.). São José Dos Campos: Inpe.

- Ramos, D. M. Probabilidade Condicional. Brasil Escola. Recuperado de [Http://Brasilecola.Uol.Com.Br/Matematica/Probabilidade-Condional.Htm](http://brasilecola.uol.com.br/Matematica/Probabilidade-Condional.Htm)
- Ribeiro, D. P., Xavier, M. R., & Corsino, T. R. (2022) Efeitos Econômicos Na Utilização Da Energia Solar Residencial Em Minas Gerais. Revista Paramétrica, 14(1).
- Ribeiro Jr., J. A. (2020). Energia Fotovoltaica: Estudo De Viabilidade Econômica Para Implantação Em Edificações Residenciais No Tocantis. Brazilian Journal Of Development, 6(2), 6702-6715.
- Ribeiro, N. M. (2018). Prospecção Tecnológica. Coleção Profnit.Ifba.
- Rosa, E. H. S., & Toledo, L. F. R. B. (2021) Uma Revisão Dos Princípios De Funcionamento De Células Solares Orgânicas. Rev. Bras. De Física, 43, 2021.
- Rolla, L. T. (2016) Introdução À Probabilidade. Notas De Aula. Recuperado de [Http://Mate.Dm.Uba.Ar/~Leorolla/Teaching/Intro-Probab.Pdf](http://mate.dm.uba.ar/~Leorolla/Teaching/Intro-Probab.Pdf)
- Sampaio, P. G. V. (2015) Prospecção Tecnológica De Células Fotovoltaicas Para Energia Solar. Dissertação (Mestrado Em Engenharia De Produção) – Universidade Federal Do Rio Grande Do Norte. Centro De Tecnologia - Natal, Rn, 134 F.
- Sekisui Chemical. (2022). Recuperado de [Https://Www.Sekisuichemical.Com/](https://www.sekisuichemical.com/)
- Silva, C. (2012). Probabilidade Condicional Exemplos E Conceito. Recuperado de [Http://Tudodeconcursosvestibulares.Blogspot.Com.Br/2012/11/Propriedade-Condional-Exemplos-E.html](http://tudodeconcursosvestibulares.blogspot.com.br/2012/11/Propriedade-Condional-Exemplos-E.html)
- Song, Z., Guan, X., & Cheng, M. (2022). Multi-Objective Optimization Strategy For Home Energy Management System Including Pv And Battery Energy Storage. Energy Reports, 8, 5396-5411.
- Souza, L. H. C., Reis, A. A., & Almeida, W. M. S. (2022). Economia Financeira Na Conta De Energia Elétrica De Imóveis Residências Com Energia Solar Fotovoltaicas Em Gurupi. Tocantis. Research, Society And Development, 11(6), 1-10.
- SCISPACE, Recuperado em 30 novembro, 2022, de [Https://Typeset.Io/](https://typeset.io/)
- Teixeira, C. P. (2019). O Investimento em Energia Renovável está Diminuindo. Recuperado de [Https://Radardofuturo.Com.Br/O-Investimento-Em-Energia-Renovavel-Esta-Diminuindo/](https://radardofuturo.com.br/o-investimento-em-energia-renovavel-esta-diminuindo/)
- Torres, D. G. B. (2019) Células Fotovoltaicas: Desenvolvimento E As Três Gerações. Revista Técnico-Científica Do Crea-Pr. 1, 1-6.
- WIPO - World Intellectual Property Organization. (2020). Tendências De Patenteamento Em Energias Renováveis (2020). Recuperado de [Https://Www.Wipo.Int/Wipo\\_Magazine/Pt/2020/01/Article\\_0008.html](https://www.wipo.int/wipo_magazine/pt/2020/01/article_0008.html)
- Zhai, Y. & Lee, Y. O Investimento em Energias Renováveis está a Abrandar (2019). Recuperado de [Https://Www.Weforum.Org/Agenda/2019/09/Global-Renewable-Energy-Investment-Slowing-Down-Worry/](https://www.weforum.org/agenda/2019/09/global-renewable-energy-investment-slowing-down-worry/)
- Zhang, P., Sun, M., Zhang, X., & Gao, C. (2017) Who Are Leading The Change? The Impact Of China's Leading Pv Enterprises: A Complex Network Analysis. Applied Energy, 207, 477-493.