

**Análise do panorama das patentes relativas aos materiais alternativos para produção de células solares fotovoltaicas.**

**MARCO ANTONIO CASADEI TEIXEIRA**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

**HEIDY R. RAMOS**  
UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO (UNINOVE)

**ALEXANDRE DE OLIVEIRA E AGUIAR**  
INVENTO CONSULTORIA

Agradecimento à orgão de fomento:  
Os autores agradecem o apoio do FAP/UNINOVE.

# **A energia solar como modelo sustentável na produção de energia elétrica no Brasil: materiais alternativos ao silício.**

## **Resumo**

O objetivo deste trabalho é descrever um panorama das patentes relacionadas ao uso de dois materiais-chave para a geração de energia solar fotovoltaica: o silício monocristalino, que é uma das formas de silício mais utilizadas, e o Grafeno, que é um dos materiais alternativos mais promissores para a produção de células solares fotovoltaicas. O estudo foi baseado em levantamento de informações patentométricas recuperadas na base dados *Espacenet* por meio do software *Patent2Net*. Observa-se que grande parte dos registros de depósitos de patentes estão concentrados nos EUA, Japão e Coréia do Sul.

**Palavras-chave:** Energia Solar Fotovoltaica; Grafeno; Patent2Net; Silício; Tecnometria.

## **1 Introdução**

Desde a Idade Média no século XV, o ser humano utilizou as fontes naturais de energia para realizar suas tarefas. Os combustíveis fósseis eram utilizados para as pequenas atividades e no conforto do lar. Porém com a Revolução Industrial e os diversos tipos de máquinas inventados, o uso da energia se intensificou (Goldemberg & Lucon, 2007).

A descoberta e o uso de variadas fontes energéticas proporcionaram ao homem e à sociedade uma melhor qualidade de vida (Goldemberg & Lucon, 2007). A transformação da energia obtida em serviços adequados gera o desenvolvimento econômico, porém esta atividade deve ser bem planejada e implementada (Goldemberg & Moreira, 2005).

O aumento mundial do uso de energia devido ao aumento da população, ao crescimento industrial, à migração da população para áreas urbanas e o aumento da renda, provocará um aumento do consumo de energia elétrica. Os combustíveis fósseis utilizados nestas atividades já respondem por grande parte das necessidades globais de energia primária e o consequente aumento dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera no século 21 (Pazheri, Othman, Malik, 2014).

Segundo o *Renewables 2018 Global Status Report GSR* editado pela Rede de Energias Renováveis para o Século XXI (REN21, 2018), o setor elétrico aumentou significativamente o uso de energias renováveis no mundo em 2015, destacando que a energia eólica e a energia solar acrescentaram 63 e 50 GW na capacidade disponível, totalizando a capacidade de energia disponível em 433 e 227 GW respectivamente.

A adoção dessas tecnologias ajudaria o planeta a ser descarbonizado para não ultrapassarmos o registro de 2°C de aumento da temperatura média no mundo possibilitando voltar aos níveis de aquecimento antes da Revolução Industrial, uma medida adotada no acordo climático de Paris (COP21) em 2016 (Souza & Corazza, 2017).

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) no Balanço Energético Nacional 2018 a oferta interna de energia no Brasil em 2017 foi de 624,3 TWh, valor 0,7% superior a 2016 quando o consumo final foi de 526,2 Twh, o que representa um avanço de 1,2% com relação a 2016. Embora as energias renováveis representem 80,4% da matriz energética brasileira, a energia solar alcança inexpressivos 0,1% deste total.

Vichi e Mansor (2009) afirmam que se apenas uma fração da radiação solar fosse transformada, ela já seria maior que a soma de todas as fontes não renováveis levando em consideração os combustíveis fósseis e nucleares.

O Brasil pode adaptar-se e explorar uma mudança nas fontes geradoras de energia elétrica, além das hidroelétricas. A geração de energia térmica ou energia elétrica fotovoltaica pode ser realizada através de sistemas de geração distribuída com plantas de pequena e média capacidade instalada em aplicações residenciais e comerciais (Pereira, Martins, de Abreu, & Rütger, 2006).

O Brasil tem grande potencial para o emprego de fontes renováveis de energia, pois possui muitos recursos hídricos, tem clima favorável, conta com bons ventos para geração eólica e elevados níveis de insolação para a energia solar. Deste modo devido a necessidade de busca de fontes renováveis para suprir a demanda de energia elétrica em períodos de baixo índice pluviométrico, as células solares fotovoltaicas surgem como uma alternativa, pois o Brasil tem potencial para o aproveitamento dessas tecnologias e bons índices de insolação (Jannuzzi, 2012).

Devido às perspectivas favoráveis ao Brasil à produção de energias renováveis, o presente estudo é importante, pois pretende verificar: Qual é o material utilizado como tendência tecnológica na produção de células e painéis fotovoltaicos além do silício na produção desses componentes, via análise de depósitos de patentes. O objetivo deste trabalho é descrever o panorama das patentes relacionadas ao uso de dois materiais-chave para a geração de energia solar fotovoltaica: o silício, atualmente o material mais utilizado na produção de células solares fotovoltaicas, e o Grafeno, um dos materiais alternativos mais promissores pesquisados.

## **2 Referencial Teórico**

### **2.1 Energia solar fotovoltaica**

O silício não se encontra em estado puro na natureza, podemos encontrar apenas seus compostos. O principal deles é o quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) que é abundante na superfície terrestre (Carvalho, Mesquita & Rocio, 2014). Os depósitos de quartzo são a principal fonte do Silício, que depois de processado é empregado para a fabricação das células fotovoltaicas (Souza, 2012).

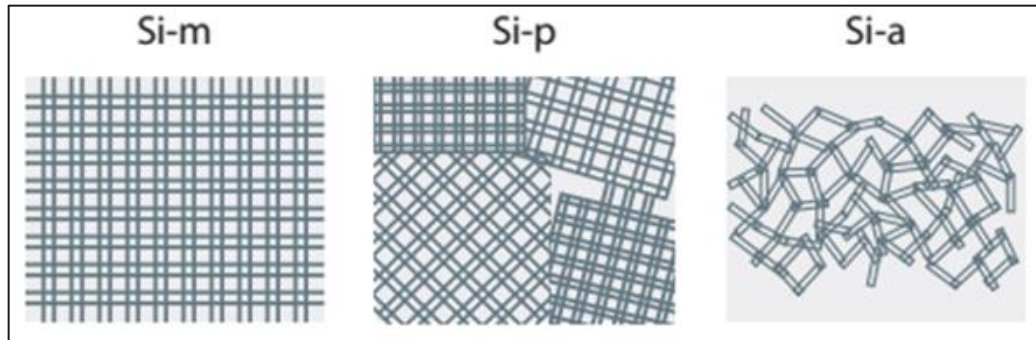
As células fotovoltaicas utilizam o silício Grau Eletrônico (Si-GE) por meio de processos químicos e com grau de pureza acima de 99, 9999% em sua composição (Cortes, 2011). O silício é utilizado em vários segmentos de indústrias para a produção de ligas e cerâmicas industriais, mas principalmente na indústria eletrônica sendo empregado na elaboração de transistores para chips, células solares fotovoltaicas e circuitos eletrônicos (Carvalho et al., 2014).

A conversão da energia solar em energia elétrica obtida por meio do uso de células solares dá-se nome de efeito fotovoltaico (Carvalho et al., 2014). A primeira descoberta do efeito fotovoltaico ocorreu com o cientista francês Alexandre-Edmond Becquerel, em 1839, que embasa o funcionamento da célula solar fotovoltaica (Andrei et al., 2014).

O sistema fotovoltaico é constituído de uma unidade principal chamado célula fotovoltaica, mas uma única célula não gera potência elétrica elevada então é necessária a junção de inúmeras células montadas, formando um módulo fotovoltaico (Souza, 2012).

Encontram-se no mercado três tipos de células fotovoltaicas constituídas de silício, as de silício cristalino (c-Si), monocristalino (m-Si) e policristalino (p-Si) e também as de silício amorfo (a-Si) (Machado & Miranda, 2014). A Figura 1 apresenta as estruturas atômicas destes materiais.

**Figura 1** - Estrutura dos materiais sólidos: a) monocristalino; b) policristalino; c) amorfo



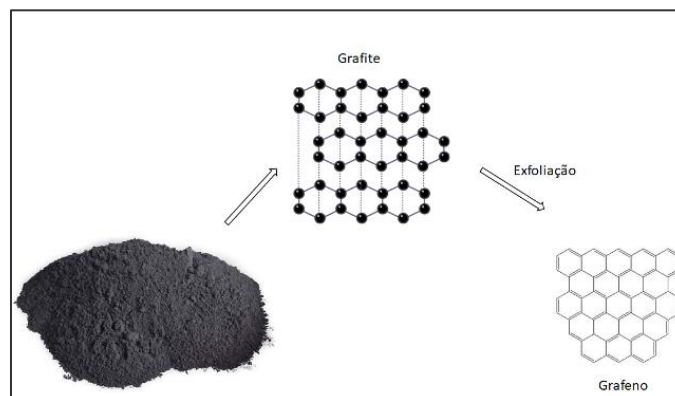
**Fonte:** Flandoli (2017)

Outro material que utiliza o efeito fotovoltaico é o Grafeno. Trata-se de um material relativamente novo e interessante para a indústria eletrônica derivado do grafite, que começou a ser pesquisado com o físico canadense da Universidade de Toronto Philip Russell Wallace em 1947 e posteriormente com Konstantin Novoselov (russo-britânico) e André Geim (russo-holandês), da Universidade de Manchester, Inglaterra (Schwierz, 2013).

Os primeiros estudos sobre o grafite começaram com o físico canadense da Universidade de Toronto Philip Russell Wallace no artigo “*The Band Theory of Graphite*” em 1947, ele calculou sua estrutura e natureza gapless. O grafite é um semicondutor que em temperatura zero não apresenta elétrons livres, mas que a partir de temperaturas mais elevadas são criados por excitação para uma banda contígua à mais alta que é normalmente preenchida (Wallace, 1947).

Podemos entender o grafeno como sendo o nome designado a uma única camada de átomos de carbono fortemente embrulhada em uma estrutura de anel de benzeno que designa as propriedades de materiais à base de carbono, tais como o grafite (Novoselov et al., 2004). Na Figura 2 podemos observar a estrutura molecular do Grafeno que é proveniente do grafite.

**Figura 2** - Estrutura do Grafeno



**Fonte:** Oliveira (2018)

Segundo Mori, Santos e Sobral (2007) os valores típicos de eficiência de conversão fotovoltaica das células de silício monocristalino e *Thin film* são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Comparativo de eficiência entre células fotovoltaicas.

Material	Eficiência		
	Laboratório	Produção	Produção em série
Silício Monocristalino (m-Si)	24,7%	18,0%	14,0%
Silício Policristalino (p-Si)	19,8%	15,0%	13,0%
Silício Amorfo (a-Si)	13,0%	10,5%	7,5%
Disseleneto de Cobre, Índio e Gálio (CIGS)	18,8%	14,0%	10,0%
Telureto de Cádmio (CdTe)	16,4%	10,0%	9,0%

**Fonte:** Adaptado de Souza (2012)

Conforme Reich, Alsema, Sark, Turkenburg e Sinke (2011), durante a produção fotovoltaica - no processo estequiométrico ocorre a redução do quartzo e o carbono para o Si e o CO<sub>2</sub> - resultando na emissão de gases fluorados e dióxido de carbono que são poluentes associados aos gases do efeito estufa (GEE) e chegam a ± 2g CO<sub>2</sub> - eq/kWh. Também na reciclagem acontece o impacto ao meio ambiente, pois ocorre a incineração de plásticos presentes nos módulos que são causadores de emissões diretas de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>.

Em todo o território brasileiro existe uma excelente incidência de radiação solar diariamente, além de possuímos reservas de quartzo, componente importante do silício que compõe os painéis fotovoltaicos. Estes dois fatores são importantes para a produção dos painéis fotovoltaicos e uma oportunidade ímpar no desenvolvimento tecnológico para a produção de energia solar fotovoltaica. Portanto, a ativação de grandes plantas de geração de energia por fontes renováveis pode diminuir os custos médios de produção (Jannuzzi, 2012).

A economia de escala advém da redução dos custos envolvidos na produção e a busca por novos materiais que possam baratear a produção dos painéis solares fotovoltaicos é uma inovação que vem sendo buscada por pesquisadores de diversos países (Jannuzzi, 2012).

Novos materiais mais eficientes e alternativos ao silício estão sendo pesquisados, as chamadas células solares de segunda e terceira geração, tais como o Grafeno, o Telureto de Cádmio (CdTe), o *Organic solar photovoltaic cell* (Célula solar fotovoltaica orgânica), *Thin film* (Filme fino) entre outros, como sendo os mais promissores por pesquisadores. O uso destes materiais na construção de painéis solares poderia melhorar e baratear os custos de produção.

## 2.2 Inovação e Sustentabilidade

Inovar é materializar as soluções para os problemas tornando concretas as ideias concebidas. Para que a inovação tenha uma aparência de novidade, ela necessita produzir os resultados positivos nas dimensões tecnológicas e revelar os melhoramentos econômico-financeiros para a sociedade. A prosperidade das nações não se explica mais pelos fatores capital e trabalho, mas pela capacidade dos países se tornarem criativos, estabelecendo novos processos e soluções tecnológicas. Os países que dominarem o conhecimento elevarão os níveis de produtividade, renda e qualidade de vida. Estes países são aqueles que adquiriram o conhecimento e inovaram (Barroso, Shamma, Marchesini, Pigatto & Melo, 2005).

Segundo a OCDE (2005) a inovação tecnológica é o aperfeiçoamento de qualidades de produtos ou processos para dar ao consumidor serviços novos ou melhorados. A diferença entre a novidade e outras melhorias está focada nas particularidades de desempenho dos produtos e processos e a adoção destes pelo mercado. Já Caruso e Tigre (2004) definiram a prospecção tecnológica como sendo uma técnica desenvolvida que possibilita acompanhar as tendências que possibilitarão avanços socioeconômicos. E a adoção dessas tendências tecnológicas possibilitará a incorporação dos novos conhecimentos e o avanço na resolução de problemas.

Com objetivo de contribuir com a evolução tecnológica brasileira, algumas empresas exercem a cooperação empresa e universidade, essa parceria tem como finalidade produzir conhecimento científico para desenvolver novas tendências de mercado (Costa, Porto, & Plonski, 2010). Já Amadei e Torkomian (2009) enfatizaram que as instituições de pesquisa melhoraram muito suas estruturas internas e estão direcionando cada vez mais suas atividades acadêmicas para o desenvolvimento econômico e disponibilizando seu conhecimento científico para a sociedade.

Segundo Massarani (2012), as pesquisas em ciência e tecnologia aumentaram muito no Brasil e esta produção científica é um instrumento valioso para enfrentar o subdesenvolvimento e as questões socioeconômicas. Então o desenvolvimento de novas tecnologias em materiais fotovoltaicos pode aumentar a participação dessa inovação na matriz energética brasileira e contribuir para diminuir o impacto ambiental.

### **2.3 Tecnometria**

O conhecimento técnico descrito nos pedidos de patente publicados pode ser usado para melhorar a tecnologia descrita ou inspirar novas tecnologias. Um obstáculo, no entanto, ao acessar publicações de patentes pela Internet é que elas geralmente são armazenadas na deep web (Ferraz, Quoniam, Reymond & Maccari, 2016).

A *Deep Web* é uma camada da Internet que não pode ser acessada por meio de uma simples busca no Google, mas ela contém documentos disponíveis aonde se podem acessá-los com um programa buscador comum e fazer consultas por meio de palavras-chave, extraindo o conhecimento (Franco & Magalhães, 2016).

Utilizar ferramentas que aproveitem o conhecimento e o uso de capacidades inovativas deve fazer parte das estratégias de desenvolvimento dos países para ultrapassar barreiras tecnológicas. Devem ser incorporados os sistemas baseados nas novas tecnologias e assim como deve ser apoiado fortemente as mudanças nos processos produtivos possibilitados por estas novas tecnologias (Cassiolato & Lastres, 2005).

As patentes disponibilizam informações confiáveis e legais que podem ser aproveitadas como fonte de pesquisas de inovação, soluções de problemas, melhoria da qualidade de vida, ambientais e comerciais, para soluções de problemas e melhoria da competitividade de mercado. Neste ponto de vista, as patentes emergem como uma importante fonte de informação e conhecimento para a compreensão da situação tecnológico e estratégica de uma área (Santos, Kniess, Mazziere & Quoniam, 2014).

Buscar o conhecimento nas bases de dados é uma oportunidade de acessar enormes volumes de dados que ajudem os pesquisadores a obter novos caminhos para suas pesquisas (Galvão & Marin, 2009).

Desta maneira, o estudo deve realizar tarefas de forma a identificar, classificar e aproximar os dados similares com o auxílio de ferramentas computacionais (Camilo, 2009).

Para acessar um volume de dados cada vez maior de forma automática, surgiu a necessidade de ferramentas e técnicas para analisar, de forma inteligente estas informações disponíveis. Existem programas de computadores capazes de realizar tal tarefa, um deles é o *Patent2Net* que faz esta mineração de dados de forma autorizada (Sferra & Côrrea, 2003).

### 3 Procedimentos Metodológicos

Este estudo é classificado quanto aos objetivos como sendo exploratório-descritivo. A pesquisa exploratória procura desenvolver, elucidar e transformar os conceitos e as ideias que são desenhadas com o objetivo de dar uma visão geral, aproximado de determinado fato. As pesquisas descritivas referem-se às particularidades de determinado fenômeno (Gil, 1999) e estabelecem correlações entre variáveis (Vergara, 2000).

A classificação desta pesquisa quanto à natureza da pesquisa é qualitativa, pois permite a averiguação das questões do fenômeno em estudo e das suas relações (Gil, 1999). Uma pesquisa dessa natureza emprega muitas fontes de dados com o intuito de saber “Como e por quê?”, ou entender os diferentes significados, valendo-se de técnicas de pesquisas apropriadas para registrar as explicações e as motivações (Cooper & Schindler, 2003).

O estudo se baseia em artigos científicos e no banco de patentes da *Espacenet*. A metodologia utilizada é a análise tecnométrica feita a partir da definição de estratégias de busca com palavras-chave.

A técnica de coleta de dado é fundamentada na análise tecnométrica de patentes, pois é importante quando o problema tem muitos dados que estão em bancos de dados. Mas é necessário ter atenção às fontes utilizadas, pois usar dados de fonte não confiáveis pode ampliar os erros (Gil, 1999).

Quanto à análise do conteúdo tecnométrico das patentes, revela-se uma importante fonte de informação, pois se fundamenta em artigos científicos, relatórios, diplomas legais e outros documentos governamentais, sites especializados da internet e no banco de patentes da *Espacenet* (Santos et al., 2014).

#### 3.1 Procedimentos de coleta e análise de dados

Foi realizado o levantamento documental de artigos de acordo com o tema a ser estudado e o levantamento patentário. No levantamento bibliográfico buscou-se informações em sites sobre a energia solar fotovoltaica.

O levantamento bibliográfico foi realizado na base *Scopus* com as seguintes palavras-chave: *Photovoltaic solar energy, Technologic innovation, Alternative materials, Graphene, Amorphous Silicon, Monocrystalin Silicon, Polycrystalline Silicon* que resultaram em 114 artigos que foram selecionados para a construção do referencial teórico.

O levantamento patentário foi realizado utilizando a ferramenta *Smart Search* no banco de patentes *Espacenet* cujo link de acesso é <https://worldwide.espacenet.com/>. Neste sitio foram verificados os depósitos de patentes relacionados a materiais utilizados na construção de células fotovoltaicas. Posteriormente foi utilizado o software *Patent2Net* (P2N), cujo link de acesso é <http://patent2netv2.vlab4u.info/>.

O *Patent2Net* (P2N) é um conjunto de softwares de código aberto gratuito para a academia criado na Universidade de Toulon que facilita o acesso às informações das patentes depositadas nessas bases de dados e a sua posterior análise. Ele agrupa dados bibliográficos e

patentes de texto completo do banco de dados mundial da *Espacenet*, a *European Patent Office (EPO)* (Ferraz et al., 2016).

Para a realização do levantamento patentário foi elaborada uma estratégia de busca, via a definição de palavras e/ou expressões chave com o tema materiais utilizados na construção de células fotovoltaicas. A concatenação das palavras chave resultou em termos, dos quais se escolheu dois termos para serem utilizados na pesquisa: *Silicon1* e *Silicon6*, mostrados na Figura 3.

**Figura 3** - Extração *Silicon1* e *Silicon6* realizada com o software *Patent2Net*

Estratégia de Procura	Material	Expressão utilizada	Recuperado	Data
<i>Silicon1</i>	Silício monocristalino	(( <i>ta=photovoltaic and ta=cel*</i> ) and <i>ta=silic*</i> ) and <i>ta=monoc*</i>	216	24/11/2018
<i>Silicon6</i>	Grafeno	<i>ta=photovoltaic and ta=cel* and ta="graphene"</i>	130	24/11/2018

Fonte: Elaborado pelos autores (2019)

Os resultados das extrações *Silicon1* e *Silicon6* realizadas com a utilização da palavra-chave e o software *Patent2Net* são apresentadas na Figura 4.

**Figura 4** - Extração *Silicon1* e *Silicon6* realizada com o software *Patent2Net*.

Informations:	Informations:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data directory: <i>Silicon1</i></li> <li>• Request: ((<i>ta=photovoltaic and ta=cel*</i>) and <i>ta=silic*</i>) and <i>ta=monoc*</i></li> <li>• Gathering date: 25, Nov 2018</li> <li>• Number of patents retrieved: 220</li> <li>• Abstract: 16 (FR) 3 (DE) 206 (EN) 41 (OL)</li> <li>• Claims:</li> <li>• Description:</li> <li>• Number of family patents retrieved: 344</li> <li>• FamiliesAbstract: 40 (FR) 5 (DE) 249 (EN) 42 (OL)</li> <li>• FamiliesClaims: 21 (FR) 6 (DE) 3 (ES) 32 (EN)</li> <li>• FamiliesDescription: 17 (FR) 6 (DE) 3 (ES) 30 (EN)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data directory: <i>Silicon6</i></li> <li>• Request: <i>ta=photovoltaic and ta=cel* and ta="graphene"</i></li> <li>• Gathering date: 24, Nov 2018</li> <li>• Number of patents retrieved: 136</li> <li>• Abstract: 10 (FR) 126 (EN) 38 (OL)</li> <li>• Claims:</li> <li>• Description:</li> <li>• Number of family patents retrieved: 186</li> <li>• FamiliesAbstract: 22 (FR) 149 (EN) 53 (OL)</li> <li>• FamiliesClaims: 8 (FR) 20 (EN) 1 (ZH) 3 (DE) 1 (JA) 2 (ES)</li> <li>• FamiliesDescription: 6 (FR) 19 (EN) 1 (ZH) 1 (JA) 2 (ES)</li> </ul>

Fonte: Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019).

O Silício monocristalino foi escolhido por ser o material utilizado na produção de células fotovoltaicas com a maior eficiência dentre os tipos de silício, embora sua utilização impacte o meio ambiente, pois sua produção emite muitos materiais tóxicos e o Grafeno foi escolhido por ser um material amplamente estudado para um grande número de aplicações, e que, portanto, tem potencial de escalabilidade.

Os dados obtidos no levantamento bibliográfico foram catalogados em planilha *Excel* para a elaboração a revisão da literatura e proporcionar a comparação com os dados obtidos na análise tecnométrica. Depois da extração das patentes, via ferramenta *Patent2Net* realizou-se a conversão dos textos para um formato que o próprio software pudesse analisá-los.



O *Patent2Net* disponibilizou arquivos em formato *Hypertext Markup Language (HTML)* que foram armazenados em uma pasta denominada “*DATA*” que o próprio software cria e disponibiliza. O *Patent2Net* forneceu dados no formato de gráficos estáticos e tabelas dinâmicas, tendo como referência as informações presentes nos documentos de patentes.

Foi possível realizar análises e comparações observando o conteúdo das informações, assim como avaliar e conhecer pesquisas e inovações relacionadas ao silício e novos materiais relacionados à energia solar fotovoltaica em diversos países.

## 4 Resultados

A seguir são apresentados os resultados obtidos pelo *Patent2Net* para produção de células e painéis fotovoltaicos.

### 4.1 Resultados do levantamento de Patentes realizados com o software *Patent2Net*

Os resultados obtidos pelo *Patent2Net* permanecem disponíveis em uma página na internet, em que se tem acesso aos resultados. Para acessar a página de resultados deve-se clicar no arquivo *HTML* que o *Patent2Net* disponibiliza no diretório “*DATA*”.

Na Figura 5 é apresentado o link para a ferramenta utilizada no *Patent2Net*. São disponibilizados diversos gráficos e tabelas que podem ser acessados pelo respectivo *link*.

**Figura 5** - Link de acesso à ferramenta do software *Patent2Net*.

<b>On-line Analysis tools: Patents</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Attractivity: Attractivity: Geolocalisation of patent covering (without EP, WO), Applicants, Inventors (when available)</i></li> </ul>

**Fonte:** Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019).

O significado do link da página em *HTML* que pode ser acessado remotamente encontra-se descrito na Figura 6.

**Figura 6.** Link em *HTML* do *Patent2Net* e os respectivos significados.

<b>Links online do Patent2Net</b>	<b>Descrição</b>
<i>Attractivity: Geolocalisation of patent covering (without EP, WO), Applicants, Inventors (when available)</i>	Identifica a geolocalização das empresas financiadoras das tecnologias, os países em que estão localizadas, os países que possuem o maior número de inventores e quais os países onde a proteção da patente foi solicitada.

**Fonte:** Adaptado de Nigro (2016).

### 4.2 Análises das informações do *Patent2Net*

#### 4.2.1 Geolocalização

Os documentos patentários recuperados pelo *Patent2Net* permitem por meio da geolocalização identificar os países dos inventores, as empresas solicitantes do documento patentário e também os países aonde a proteção da patente foi solicitada, ver Figura 7.

**Figura 7.** Significado dos Mapas de Geolocalização.

Geolocalização	Descrição
“Country Cover for”	Geolocalização das solicitações de proteções patentárias.
“Country Inventor’s for”	Geolocalização dos inventores com depósito de patentes.
“Country Applicant’s for”	Geolocalização das empresas que solicitaram depósito das patentes.

Fonte: Adaptado de Jordani (2018).

#### 4.2.1.1 Resultados: patentes com material Silício Monocristalino para uso fotovoltaico

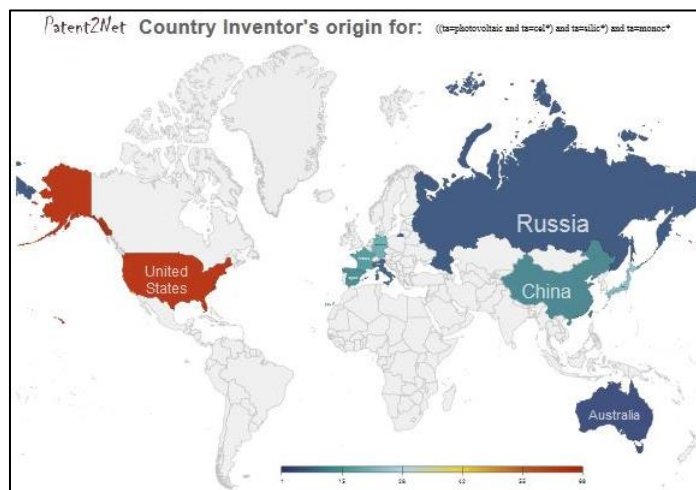
##### a) Geolocalização das solicitações de proteções patentárias.

O mapa denominado “Country cover for”, permite visualizar os países aonde foram depositados os registros e as proteções patentárias para a extração denominada *Silicon1*. Não foram recuperadas informações sobre as proteções destas patentes nos países.

##### b) Geolocalização dos inventores com depósito de patentes.

O mapa denominado “Country Inventor’s for”, Figura 8, permite visualizar os inventores depositantes de pedidos de patentes.

**Figura 8** - Países dos inventores depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon1*.



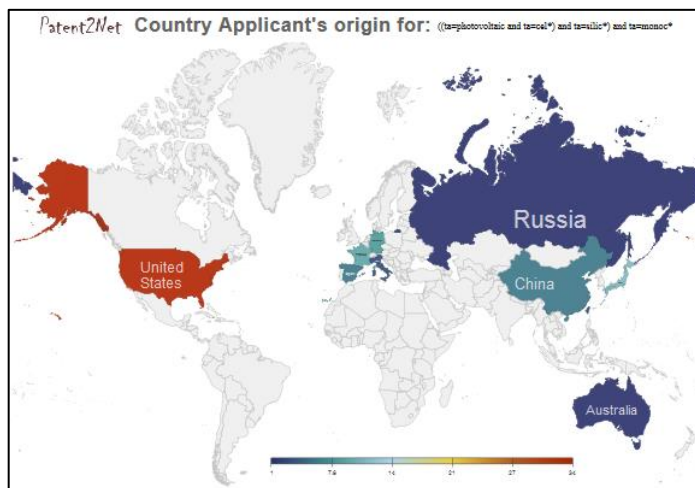
Fonte: Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019).

Consegue-se identificar neste mapa, que os EUA têm 69 inventores que depositaram patentes sobre silício monocristalino para uso fotovoltaico, o Japão (22), Alemanha (18), França (15), Espanha (11), Taiwan (5) e Itália, Rússia e Austrália com 4, 3 e 2 inventores respectivamente. A maior parte dos inventores depositantes de pedidos de patentes são Americanos e Japoneses.

### c) Geolocalização das empresas que solicitaram depósito das patentes

O mapa denominado “*Country Applicant’s for*”, Figura 9, permite visualizar os países de origem das empresas depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon1*.

**Figura 9** - Países de origem das empresas depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon1*.



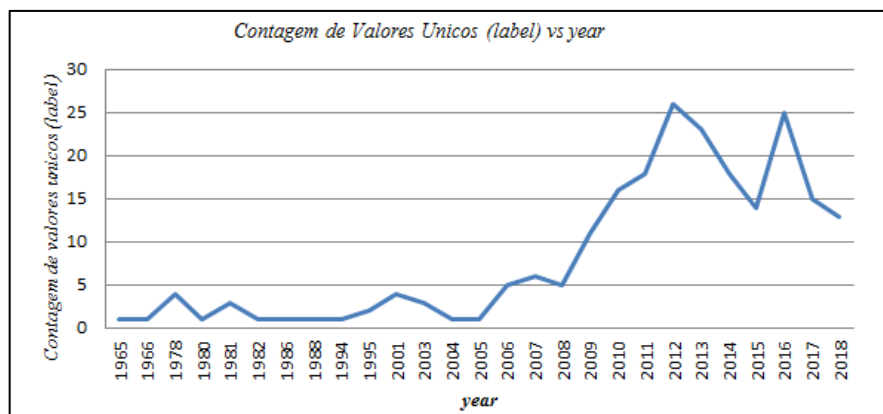
Fonte: Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019).

Pode-se visualizar neste mapa, que os EUA têm 34 empresas depositantes, o Japão (11), Alemanha (8), França (9), Espanha (5), China (5), Itália e Taiwan (2) e Rússia e Austrália (1). A maioria das empresas depositantes de pedidos de patentes são Americanas e Japonesas, seguidas de empresas europeias Alemãs, Francesas e Espanholas.

### d) Análise Temporal dos depósitos de patentes da extração *Silicon1*.

A Figura 10 mostra os anos nos quais as patentes foram depositadas e a quantidade destas por ano. No ano de 1965 foram depositadas as quatro primeiras patentes sobre silício monocristalino. Depois destes depósitos iniciais, não houve acréscimos relevantes de depósitos até o começo dos anos 2000, quando nota-se que a partir de 2005 ocorre uma evolução significativa de depósitos até o ano de 2012, atingindo 551 documentos. Em 2017 houve um acréscimo de 32 documentos em relação ao ano anterior, totalizando 171 documentos. E em 2018 até o momento da extração contabilizou-se 51 documentos.

**Figura 10** - Evolução temporal dos depósitos de patentes para *Silicon1* (Silício monocristalino).



Fonte: Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019).

#### e) Análise da Extração *Silicon1*

Em uma análise dos dois mapas de geolocalização (Figuras 9 e 10) identificou-se que não há registro de patentes referentes a silício monocristalino para uso fotovoltaico com proteção no Brasil.

#### 4.2.1.2 Resultados: patentes com material Grafeno para uso fotovoltaico

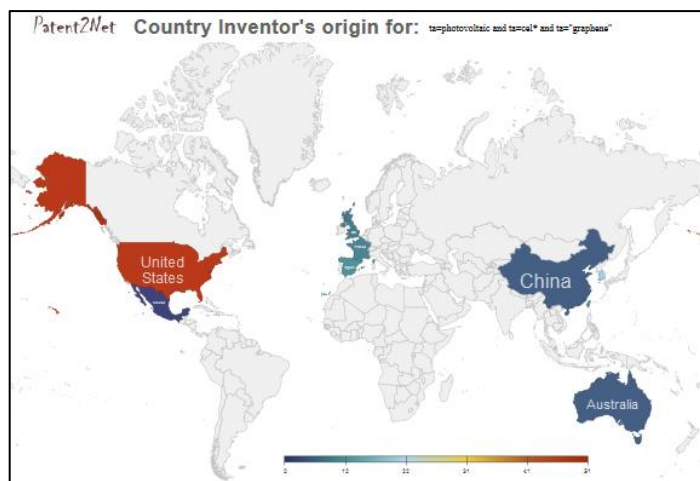
##### a) Geolocalização das solicitações de proteções patentárias.

O mapa denominado “*Country cover for*”, permite a visualizar os países aonde foram depositados os registros e as proteções patentárias para a extração denominada *Silicon6*. Nesta extração não foram recuperadas informações sobre as proteções destas patentes nos países.

##### b) Geolocalização dos inventores com depósito de patentes.

O mapa denominado “*Country Inventor’s for*”, Figura 11, permite visualizar os países de origem das empresas depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon6*.

Figura 11 - Países dos inventores depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon6*.



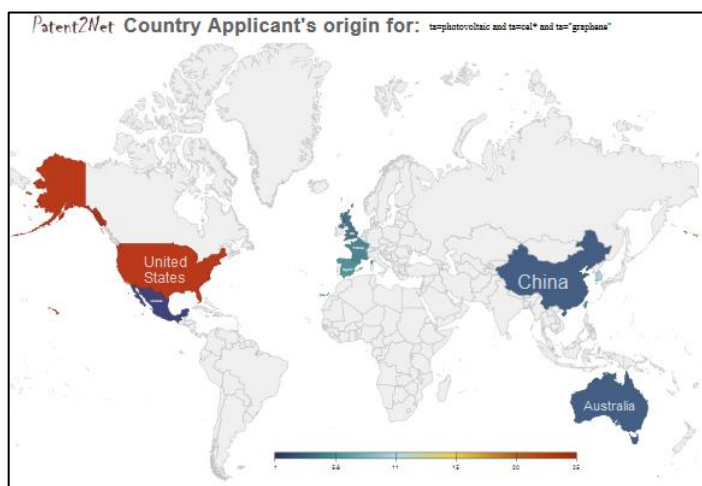
Fonte: Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019)

Consegue-se identificar neste mapa, que os EUA têm 51 empresas depositantes, a Coreia do Sul (20), Espanha, Taiwan e Singapura (10), França (8), Reino Unido (7), China e Austrália (4) e México (2). Para esta extração a maioria das empresas depositantes de pedidos de patentes são Americanas e Sul-Coreanas, seguidas de empresas Espanholas, Taiwanesas e de Singapura.

### c) Geolocalização das empresas que solicitaram depósito das patentes

O mapa denominado "*Country Applicant's for*", Figura 12, permite visualizar os países de origem das empresas depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon6*.

**Figura 12** - Países de origem das empresas depositantes de pedidos de patentes da extração *Silicon6*.



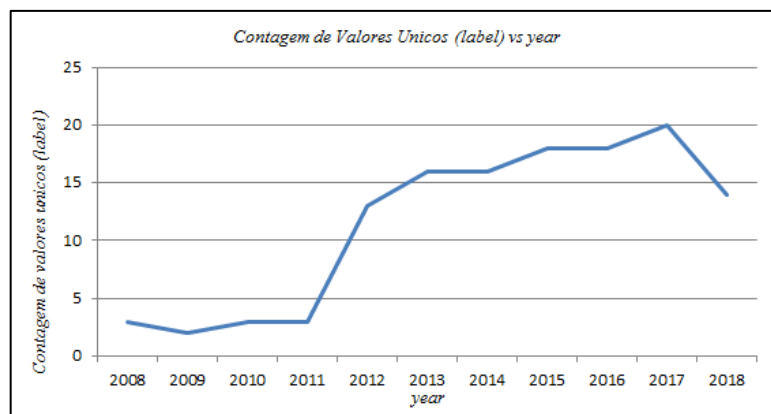
**Fonte:** Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019)

Pode-se visualizar neste mapa, que os EUA têm 25 empresas, Coreia do Sul (10), Espanha, Taiwan e Singapura (5), França (4), Reino Unido (3), China e Austrália (2) e México (1). Observamos que a maioria das empresas depositantes de pedidos de patentes também são Americanas e Japonesas, seguidas de empresas europeias da Alemanha, França e Espanha.

### d) Análise Temporal dos depósitos de patentes da extração *Silicon6*.

A Figura 13 mostra os anos nos quais os documentos foram depositados e a quantidade de depósitos por ano. As primeiras dezoito patentes sobre Grafeno foram depositadas em 2008. Após os depósitos iniciais, não houve acréscimos relevantes até 2011, quando em 2012 ocorreu um máximo de depósitos de 2233 documentos de patentes. De 2014 a 2016 houve um decréscimo nos depósitos de patentes em relação aos anos anteriores e em 2018 até o momento da extração contabilizou-se 334 documentos.

**Figura 13** - Evolução temporal dos depósitos de patentes para *Silicon6* (Grafeno).



Fonte: Dados obtidos do software *Patent2Net* (2019)

### e) Análise da Extração *Silicon6*

Analisando os dois mapas de geolocalização (Figuras 11 e 12) observa-se que as patentes da extração *Silicon6* (Grafeno e células fotovoltaicas) não possuem patentes com proteção mundial e não existem registros de solicitação dessas patentes no Brasil.

Os mapas mostram que os países com a maior quantidade de inventores de patentes por países de origem são EUA, Japão e Alemanha e as empresas com a maior quantidade de solicitação de proteção de patentes também são Americanas, Japonesas e Alemãs.

### 4.3 Discussão

O estudo mostrou que a energia solar fotovoltaica tem uma participação pequena na matriz energética brasileira. Por ser mínima a sua participação na oferta interna de energia, ela necessita de um incremento nessa oferta de energia, por ser ambientalmente mais correta. Existe um futuro promissor para que as células fotovoltaicas sejam viáveis economicamente no país com a redução dos custos de fabricação, produção e instalação dos painéis fotovoltaicos caso se mantenham em declínio.

Com relação aos países de origem dos inventores a pesquisa mostrou para as duas extrações (*Silicon1* e *Silicon6*), tem uma maior predominância de inventores Norteamericanos nos pedidos de depósitos de patentes. Nota-se também a presença de países asiáticos nos resultados, tais como o Japão, Coreia do Sul e Taiwan, mas também países Europeus como a Alemanha, França e Espanha.

Já as empresas financiadoras das tecnologias nas duas extrações (*Silicon1* e *Silicon6*), são de empresas dos EUA, Japão, Coreia do Sul, Alemanha e Espanha.

A análise dos inventores, das empresas investidoras e das tecnologias associadas, desde que elas não tenham pedidos de proteção, com o auxílio do *Patent2Net* podem ajudar pesquisadores brasileiros a encurtar o caminho das pesquisas e ajudar o país a inovar.

Verificar estas tecnologias pode ser importante para serem complementos às pesquisas que estão sendo objeto de inovação por parte dos pesquisadores, e que podem ter um papel importante no contexto de desenvolvimento energético brasileiro.

## 5 Considerações Finais

O estudo mostrou que existe um novo material, o Grafeno sendo pesquisado em relação ao desenvolvimento tecnológico sobre as células e painéis fotovoltaicos. A análise das extrações realizadas demonstrou que o Grafeno é um material que está sendo pesquisado atualmente em diversos países.

Observa-se que grande parte dos registros de depósitos de patentes estão concentrados nos EUA, Japão e Coréia do Sul. Porém quando olhamos para a oferta de células fotovoltaicas no mercado mundial percebemos que a China detém o mercado por ser um país que tem o domínio das tecnologias de produção de silício com elevado grau de pureza, o silício grau solar (Si-GS).

Com o auxílio do software *Patent2Net* pudemos constatar nos dados contidos nos resumos das patentes recuperadas (346) que os EUA são o principal país de origem dos inventores e das empresas com depósito de patentes de células fotovoltaicas e o país onde existe muito investimento em pesquisa nessa área.

O estudo ofereceu dados que poderão ser utilizados para a ampliação da participação das fontes de energias renováveis na matriz energética brasileira. Como não há registro de proteção dessas patentes estudadas no Brasil, elas são passíveis de serem reproduzidas. Conforme a legislação de patentes, se não há proteção mundial, a reprodução é livre.

Portanto o estudo e a reprodução das informações dos resumos destas patentes no Brasil por especialistas seria um passo importante para colocar a pesquisa e a produção dessas invenções com potencialidade de frugalidade em prol da sociedade brasileira.

## 6 Referências

- Andrei, C., Lestini, E., Crosbie, S., de Frein, C., O'Reilly, T., & Zerulla, D. (2014). Plasmonic enhancement of dye sensitized solar cells via a tailored size-distribution of chemically functionalized gold nanoparticles. *PloS One*, 9(10), e109836. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0109836>
- Camilo, C. O. (2009). *Mineração de Dados: Conceitos, Tarefas, Métodos e Ferramentas* (Nº RT-INF\_001-09; p. 29). Instituto de Informática Universidade Federal de Goiás.
- Carvalho, P. S. L. de, Mesquita, P. P. D., & Rocio, M. A. R. (2014). Carvalho, P. S. L. D., Mesquita, P. P. D., & Rocio, M. A. R. (2014). A rota metalúrgica de produção de silício grau solar: uma oportunidade para a indústria brasileira?
- Cassiolato, J. E., & Lastres, H. M. M. (2005). Sistemas de inovação e desenvolvimento: As implicações de política. *São Paulo em Perspectiva*, 19(1), 34–45. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392005000100003>
- Cooper, D. R., & Schindler, P. S. (2003). *Métodos de pesquisa em administração* (7ª).
- EPE, 2018. (2018). *Balanco Energético Nacional 2018: Ano base 2017*. Empresa de Pesquisa Energética (EPE).
- Ferraz, R. R. N., Quoniam, L., Reymond, D., & Maccari, E. A. (2016). Example of open-source OPS (Open Patent Services) for patent education and information using the computational tool Patent2Net. *World Patent Information*, 46, 21–31.

- Flandoli, F. (2017). Geração, Tipos e Características de Células Fotovoltaicas. Recuperado 7 de junho de 2019, de Programa Eletricista Consciente website: <http://www.eletricistaconsciente.com.br/pontue/fasciculos/2-celulas-e-modulos-fotovoltaicos/geracao-tipos-e-caracteristicas-de-celulas-fotovoltaicas/>
- Franco, D. P., & Magalhães, S. R. (2016). Dark Web – Navegando no Lado Obscuro da Internet | Franco | Amazônia em Foco: Ciência e Tecnologia. *Amazônia em foco: Ciência e Tecnologia*, 4(6), 18–33.
- Galvão, N. D., & Marin, H. de F. (2009). Técnica de mineração de dados: Uma revisão da literatura. *Acta Paulista de Enfermagem*, 22(5), 686–690. <https://doi.org/10.1590/S0103-21002009000500014>
- Gil, A. C. (1999). Métodos e técnicas de pesquisa social. *São Paulo: Atlas*, 199(5<sup>a</sup>).
- Goldemberg, J., & Lucon, O. (2007). Energias renováveis: Um futuro sustentável. *Revista USP*, (72), 6–15. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i72p6-15>
- Goldemberg, J., & Moreira, J. R. (2005). Política energética no Brasil. *Estudos Avançados*, 19(55), 215–228. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000300015>
- Jannuzzi, G. de M. (2012). Além de grandes hidrelétricas: políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil | WWF Brasil.
- Jordani, A. R. (2018). *Perspectivas da microgeração e distribuição de energia solar fotovoltaica no Brasil: Um estudo prospectivo via mineração de patentes*.
- Machado, C. T., & Miranda, F. S. (2014). Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão. *Revista Virtual de Química*, 7(1), 126–143. <https://doi.org/10.5935/1984-6835.20150008>
- Mori, V., Santos, R. L. C. dos, & Sobral, L. G. S. (2007). *Metalurgia do Silício: Processos de Obtenção e Impactos Ambientais*.
- Nigro, C. A. (2016). *Uso das ferramentas computacionais Scriptlattes, ScriptGP e Patent2net para análise da produção bibliográfica e tecnológica sobre a dengue*.
- Novoselov, K. S., Geim, A. K., Morozov, S. V., Jiang, D., Zhang, Y., Dubonos, S. V., ... Firsov, A. A. (2004). Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. *Science*, 306(5696), 666–669. <https://doi.org/10.1126/science.1102896>
- Oliveira, H. (2018). Grafeno e o futuro de daqui a pouco. Recuperado 6 de junho de 2019, de nossa ciencia website: <https://nossaciencia.com.br/wp-content/uploads/2018/01/png30-01-figgrafeno.png>
- Pazheri, F. R., Othman, M. F., & Malik, N. H. (2014). A review on global renewable electricity scenario. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 835–845. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.020>
- Pereira, E. B., Martins, F. R., de Abreu, S. L., & Rüther, R. (2006). *Atlas brasileiro de energia solar* (Vol. 1). Inpe São José dos Campos.
- Reich, N. H., Alsema, E. A., Sark, W. G. J. H. M. van, Turkenburg, W. C., & Sinke, W. C. (2011). Greenhouse gas emissions associated with photovoltaic electricity from crystalline silicon modules under various energy supply options. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 19(5), 603–613. <https://doi.org/10.1002/pip.1066>
- REN21. (2018). Renewables 2018 Global Status Report GSR.



- Santos, A. M., Kniess, C. T., Mazzieri, M. R., & Quoniam, L. (2014). Análise Tecnométrica De Patentes : Uma Aplicação Na Recuperação De Terras Raras. *17º Seminários em Administração*, 1–15. São Paulo, Brazil: Universidade de São Paulo, Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade.
- Schwierz, F. (2013). Graphene Transistors: Status, Prospects, and Problems. *Proceedings of the IEEE*, *101*(7), 1567–1584. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2013.2257633>
- Sferra, H. H., & Côrrea, Â. M. C. J. (2003). *Conceitos e aplicações de Data Mining*. *11*(22), 19–34.
- Souza, R. di. (2012). Livro: Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica.
- Souza, M. C. O., & Corazza, R. I. (2017). Do Protocolo Kyoto ao Acordo de Paris: Uma análise das mudanças no regime climático global a partir do estudo da evolução de perfis de emissões de gases de efeito estufa. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, *42*(0). <https://doi.org/10.5380/dma.v42i0.51298>
- Vergara, S. C. (2000). *Projetos e relatórios de pesquisa em administração* . (3ª). São Paulo, Brazil: Editora Atlas SA.
- Vichi, F. M., & Mansor, M. T. C. (2009). Energia, meio ambiente e economia: O Brasil no contexto mundial. *Química Nova*, *32*(3), 757–767. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422009000300019>
- Wallace, P. R. (1947). The Band Theory of Graphite. *Physical Review*, *71*(9), 622–634. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.71.622>