VI ENCONTRO NACIONAL DE PROPRIEDADE INTELECTUAL
25 a 28 de agosto de 2020
EVENTO ON-LINE • UFRN

# DESENVOLVIMENTO DE GERAÇÃO DE ENERGIA RENOVÁVEL A BASE DE GRAFENO: UM MAPEAMENTO TECNOLÓGICO

Cleide Ane Barbosa da Cruz[1] Laudiceia Normando de Souza[2] Ana Eleonora Almeida Paixão[3]
[1]Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
cleideane.barbosa@bol.com.br
[2]Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
laudiceianormandosouza@gmail.com
[3]Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual- PPGPI
Universidade Federal de Sergipe – UFS – São Cristóvão/SE – Brasil
apaixao@gmail.com

**Resumo**

*O grafeno surge como um meio que traz propriedades condutoras e ambientalmente benéficas, permitindo que possa ser considerado uma fonte para geração de energia renovável. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo realizar um mapeamento tecnológico por meio de depósitos de pedidos de patentes relacionados à geração de energia renovável a base de grafeno. A metodologia corresponde a um estudo exploratório quantitativo que realizou o levantamento dos dados na base do INPI e Espacenet utilizando o emprego de algumas palavras chaves em inglês e português, sendo encontrados 13 depósitos no INPI e 128 no Espacenet. Os resultados encontrados mostraram que a aplicação de grafeno para geração de energia vem crescendo desde 2010, visto que ambas os bases analisados apresentaram documentos a partir deste ano, porém foram encontrados mais depósitos realizados pela China, sendo as empresas as maiores depositantes. No entanto, nota-se a necessidade de expandir as pesquisas sobre essa área, para que se desenvolvam novos produtos e processos com a aplicação de grafeno, visando à melhoria da geração de energia renovável.*

**Palavras-chave**: grafeno; energia renovável; sistemas energéticos.

## 1 Introdução

O grafeno com suas características físicas, químicas e elétricas, cria inúmeras e expansivas possibilidades de aplicação em áreas como a eletrônica em sua utilização de nanocomponentes elétricos. A capacidade de ser duzentas vezes mais resistente a tração que o aço, sua leveza, flexibilidade, condutor de eletricidade e calor, transparência, um milhão de vezes menor que um fio de cabelo humano e o primeiro material com a estrutura de moléculas formadas em apenas duas dimensões, tornam o grafeno o centro de interesse da ciência mundial. Assim, projetando expectativas futuras, o Brasil em virtude de suas grandes reservas naturais de grafite, iniciou um ciclo de investimentos no setor, objetivando o posto de potência mundial na produção e comércio

do grafeno. Visando mensurar uma ideia de valores e potencialidade exploratória das reservas nacionais do grafite, 150g de grafeno custa quinze mil dólares e 1kg de grafite natural custa em média um dólar, embora haja dificuldades para sintetizar esse material bruto, o mercado brasileiro pretende que no próximo decênio, a comercialização do grafeno gire em torno de um trilhão de dólares (ALENCAR;SANTANA, 2017).

Com estrutura eletrônica resultando em propriedades com resistência mecânica maior que o aço, variabilidade eletrônica mais elevada que o silício, leveza, condutividade térmica mais alta que o cobre e área superficial observada maior que o grafite, o grafeno consiste em um material de folha plana de átomos de carbono que geram uma camada monoatômica. O uso principal do grafeno centraliza-se em sistemas de geração e armazenamento de energia, pesquisas desenvolvidas nessa área promissora, podem potencialmente promover a difusão do conhecimento técnico-científico, elevando a qualidade e despertando a motivação de estudos seguidores dos grandes centros de pesquisa internacionais (VIEIRA SEGUNDO; VILAR, 2016).

A nanotecnonologia do grafeno pode ser aplicada em dispositivos de armazenamento de energia, em virtude de sua alta relação massa/volume, pesquisadores tem explorado essa temática. A utilização do grafeno em combinação com outros compostos pode superar os desafios, assegurando o futuro para a humanidade e transformando-o em um dos principais players em energia renovável (MAMVURA, SIMATE; 2019).

Neste sentido, o mapeamento tecnológico do grafeno como precioso nanomaterial em diversos setores e os progressos nas pesquisas, bem como sua análise e acompanhamento são de extrema relevância para elaboração estratégica, mercadológica e inovadora rumo ao desenvolvimento de um país (MARION; HASAN, 2016). Esta pesquisa tem como objetivo realizar um mapeamento tecnológico por meio de depósitos de pedidos de patentes relacionados à geração de energia renovável a base de grafeno.

## 2 Grafeno

A despeito do conceito do grafeno ser conhecido desde 1947, o termo foi utilizado pela primeira vez em 1987 e sua definição oficial como sendo uma camada únida da estrutura grafítica, foi concedida em 1994 por intermédio da *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC). Empresas mundiais e brasileiras tem utilizado o grafeno para avanço dos seus produtos e prevendo suas vantagens promissoras, lançaram bases frenéticas no desenvolvimento de produtos inovadores com emprego dessa tecnologia, embora sua fabricação em larga escala seja considerada um desafio, em virtude da necessidade de utilização de altas temperaturas e pressões, o custo elevadíssimo em reagentes orgânicos complexos, o uso de modernos equipamentos para análise e sintetização do grafeno ainda representam pontos impeditivos de sua produção em larga escala, por outro lado, seu alcance potencial na fronteira do conhecimento tecnológico, sua capacidade de aplicação em diversas áreas e suas características peculiares como resistência a tração, flexibilidade, condutibilidade, transparência e tamanho, justificam a importância do desenvolvimento de esforços na produção do grafeno com custos competitivos e qualidade aceitável no mercado, sua introdução no mercado será considerada sem precedentes quando esse obstáculo for superado (MARION; HASAN, 2016; ALENCAR, SANTANA; 2017).

O grafeno destaca-se em virtude de sua estrutura, abundância, propriedades físico químicas, mecânicas, térmicas, ópticas e elétricas, tem despertado interesse em diferentes áreas do conhecimento, especialmente por seus benefícios ao meio ambiente para geração de energia renovável, esses fatos conduzem ao ascensível esforço no incremento de novos materiais para o emprego em sistemas de armazenamento de energia. O consumo de energia mundial em decorrência da demanda crescente surge pelo desenvolvimento de dispositivos e sistemas de alto desempenho que permitam um consumo mais eficiente e garantam a sustentabilidade dos recursos sem causar prejuízos ao meio ambiente (VIEIRA SEGUNDO, VILAR; 2016).

## 2.1 Grafeno e sua importância para geração de energia renovável

Algumas características raras do grafeno consistem em sua transparência, condução, maior razão superfície/volume, absorção facilitada de vários tipos de moléculas e variação das suas propriedades elétricas, essas aplicações estão em diferentes estágios de desenvolvimento, entretanto, a velocidade dessas inovações tem ultrapassado as expectativas mais positivas, endossando previsões futuras e não tão distantes de múltiplos produtos de grafeno por longos anos no mercado. Presentes na maioria dos dispositivos eletrônicos utilizados cotidianamente, os supercapacitores requerem uma nova geração de materiais capacitivos com aplicabilidade em sistemas de armazenamento de energia geradas a partir de fontes limpas voltadas para alimentação de automóveis elétricos, computadores e dos novos microdispositivos autossuficientes. É urgente o desenvolvimento de supercapacitores com maior densidade, melhor razão de capacidade ao longo de vários ciclos (SANTOS, 2014; CREMONEZZI, 2017).

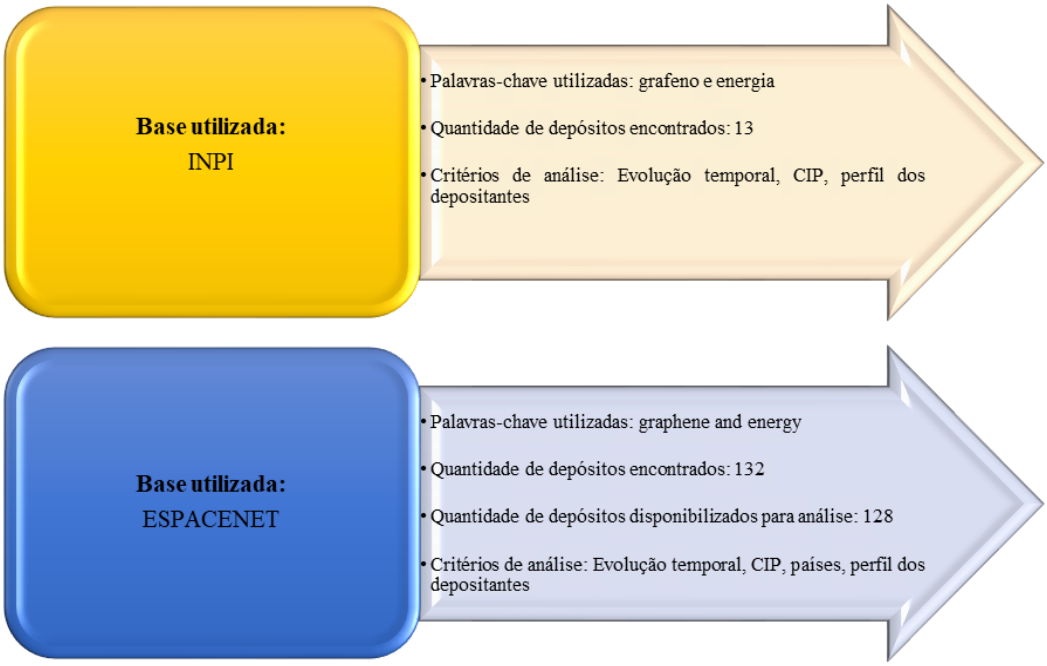
Considerando que o forte crescimento dos pedidos de patentes em produtos a base do grafeno, baseia-se na influência de grandes empresas em inovação e tecnologia visarem à garantia de maior competitividade no cenário econômico globalizado, o uso do grafeno efetivamente tem ganhado apoio dos investidores, governo, empresas e universidades, sendo necessária maior interação e parcerias rumo ao crescimento inovador deste material no futuro, com potencial para movimentar a economia, acelerar o crescimento do país e o nível de intelectualidade dos cidadãos e profissionais. A interligação do grafeno com as nanotecnologias voltadas para geração de energia renovável trarão amplos benefícios, considerando aspectos qualitativos da vida humana, formação profissional, desenvolvimento de novos processos e produtos, novos materiais com novas propriedades e ampla evolução no campo científico, tecnológico, econômico e social (MARION; HASAN, 2016; CAMPOS et al., 2018).

## 3 Metodologia

A pesquisa apresenta um estudo exploratório quantitativo em que foram analisados os depósitos de pedidos de patentes realizados na base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) utilizando as palavras-chave “grafeno e energia” nos campos “título e resumo”, e na base do *European Patent Office* (*Espacenet*) utilizando as palavras-chave “*graphene and energy*” nos campos “*title or abstract*”.

Ainda, o mapeamento tecnológico relacionado à geração de energia a base de grafeno foi realizado entre os meses de janeiro e fevereiro de 2020. No INPI foram encontrados 13 documentos e no *Espacenet* dos 132 encontrados, foram disponibilizados para análise apenas 128 documentos.

Figura 1 – Processo de análise dos depósitos




Fonte: Autoria Própria (2020).

Além disso, a Figura 1 destaca como foram analisados os depósitos encontrados nas bases do INPI e *Espacenet*, sendo que foram verificados a evolução temporal, classificação internacional de patentes (CIP), países, inventores e perfil de depositantes.

## 3 Resultados

A pesquisa realizada na base do INPI mostrou que foram encontrados apenas 13 depósitos voltados a geração de energia a base de grafeno, o que evidencia a necessidade de expandir as pesquisas a cerca da utilização do grafeno e o seu potencial para o desenvolvimento do sistema energético. Diante disso, o Quadro 1 apresenta as informações acerca dos documentos encontrados por meio da análise dos depósitos na base do INPI.

Quadro 1 – Depósitos de pedidos de patentes encontrados no INPI

| Título | Data de depósito | Depositante | CIP |
|---|---|---|---|
| Polinucleotídeo compreendendo os genes de celobiohidrolase 2 fúngicos em levedura, vetor, célula hospedeira de saccharomyces cerevisiae, e processos de fermentação da celulose e de hidrólise de um substrato celulósico | 25/10/2010 | Universiteit Stellenbosch | C12N 9/42<br>C12P 7/10 |
| Conversor de energia térmica em elétrica empregando grafeno | 30/05/2012 | Nelson Guilherme Bardini | F24F 5/00<br>H01G 11/32 |
| Conversor de energia térmica em elétrica, empregando micro lâminas de grafeno | 30/08/2012 | Nelson Guilherme Bardini | H01M 10/14 |
| Processo de obtenção de grafeno através de rota de esfoliação eletroquímica | 31/07/2013 | Universidade Estadual de Ponta Grossa | C01B 31/04 |
| Cabo de energia, e método | 04/09/2014 | Schlumberger Technology B.V. | H01B 9/02<br>H01B 3/00<br>E21B 23/00 |
| Sensor de deformações mecânicas baseado em | 29/01/2016 | Universidade Estadual de | H01B 1/24 |

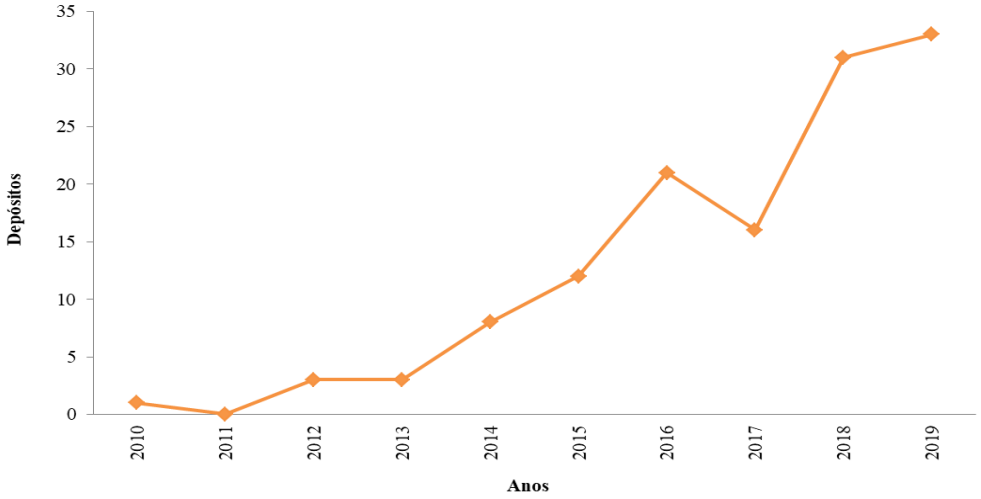
| | | | |
|---|---|---|---|
| nanofitas de grafeno e uso | | Campinas | H01L 41/047 |
| Material para uma bomba térmica química | 18/04/2016 | Saltx Technology AB | B01J 20/04<br>B01J 20/20<br>B01J 20/32<br>C01B 32/182<br>C01B 32/198<br>F25B 30/04<br>F25B 17/08 |
| Dispositivo nanoestruturado conversor de luz com antena nanoestruturada e respectivo processo de obtenção | 10/08/2016 | Universidade Federal de Pernambuco | C09K 11/08<br>C01B 32/168<br>C01B 32/174<br>B82Y 40/00 |
| Processo de produção de grafeno e uso do mesmo | 27/09/2016 | Universidade Federal do Rio Grande do Sul<br>Consiglio Nazionale Delle Ricerche<br>Sichuan University | C01B 31/0469<br>H01M 4/663 |
| Método de detecção seletiva de hidrogênio e uso | 21/11/2016 | Universidade Federal de Minas Gerais<br>Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais | G01N 27/04 |
| Design e manufatura de supercapacitor de grafeno | 22/05/2017 | Ivan Araujo Dayrell | H01G 11/26<br>H01G 11/38<br>H01G 11/86 |
| Célula combustível à base de materiais microporosos e matrizes poliméricas para a bioprodução de eletricidade | 12/09/2017 | Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco | H01M 10/04 |
| Método de síntese de grafeno 3D a partir do politereftalato de etileno (PET) | 29/09/2017 | Universidade Federal de Minas Gerais | C01B 32/184 |

Fonte: Autoria Própria (2020).

O Quadro 1 evidencia que os depósitos sobre a aplicação de grafeno são recentes, visto que foram encontrados documentos de 2010 a 2017, não tendo sido evidenciados depósitos depois de 2017, mostrando a necessidade de expandir as pesquisas no Brasil nesta área. É evidente notar que parte destes documentos analisados foram depositados por instituições estrangeiras, e apenas alguns foram depositados por Universidades brasileiras.

Ainda, percebeu-se que a classificação mais presente nas CIPs encontradas foi a H que corresponde a Eletricidade, mostrando que os dados pesquisados correspondem ao propósito da pesquisa que é mapear os depósitos voltados a geração de energia a base de grafeno. Em complemento, para Vieira Segundo e Vilar (2016, p. 61) "o grafeno tem grande vantagem em aplicações eletroquímicas, devido principalmente aos seus atributos atóxicos e propriedades condutoras, além de ambientalmente benéfico".

Figura 2 – Evolução anual dos depósitos de patentes



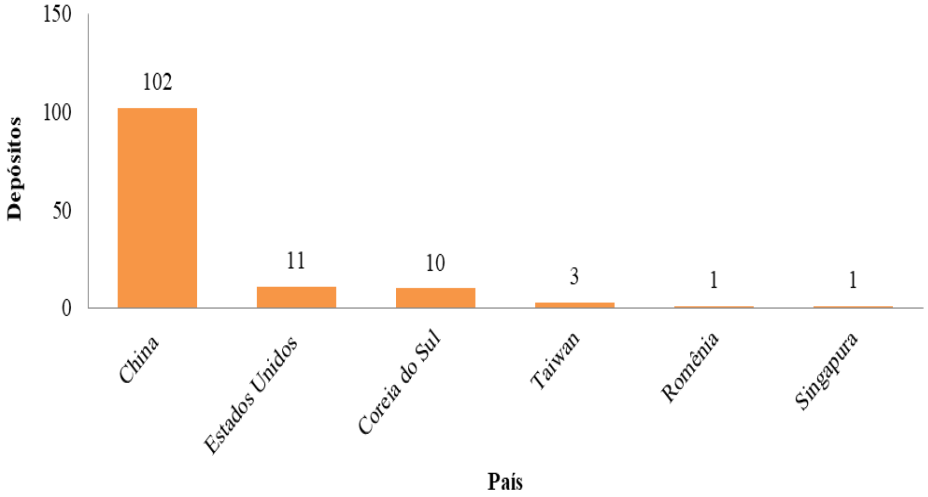

Fonte: Autoria Própria, com base dos dados do *Espacenet* (2020).

A Figura 2 apresenta a evolução anual na base do *Espacenet*, destacando que os anos de 2018 e 2019 apresentaram o maior número de depósitos, representando 50% dos documentos encontrados nesta pesquisa, diferente dos dados encontrados na base do INPI, que apresentaram depósitos até 2017.

Ainda, nota-se um acréscimo de depósitos a partir de 2015, porém essa produção começou a apresentar um decréscimo em 2017, representando 13% dos dados analisados. No entanto, após essa baixa, a produção de produtos e processos voltados à aplicação de grafeno cresceram consideravelmente. É importante ressaltar que os dados de 2019 podem sofrer alterações devido ao período de sigilo de 18 meses para publicação do documento nas bases.

Diante disso, entende-se que as pesquisas em grafeno vêm avançando, porém é necessário também investir na aplicação deste em diferentes áreas. Em complemento, para Carvalho (2014) a facilidade de manuseio do grafeno permitirá que este possa ser aplicado em quase todos os setores da indústria.

Figura 3 – Depósitos de patentes por países



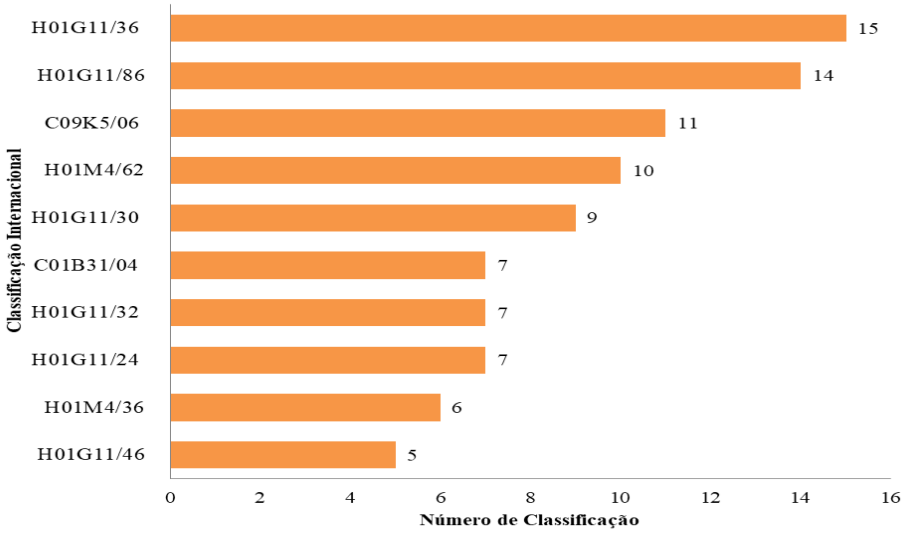

Fonte: Autoria Própria, com base dos dados do *Espacenet* (2020).

A Figura 3 apresenta os depósitos por países, destacando a China como o país que possui o maior número de depósitos, 102, representando 80% dos documentos analisados nesta pesquisa, seguido Estados Unidos com 11 (8%).

Percebeu-se que não foram encontrados depósitos realizados pelo Brasil nesta base, porém foram encontrados 13 na base do INPI, no entanto alguns dos documentos analisados foram depositantes por instituições estrangeiras.

Ainda, percebeu-se que a China é o maior depositante da aplicação do grafeno na geração de energia. A Agência FAPESP (2019) evidenciou que a China atualmente possui mais de 500 empresas que produzem grafeno conforme explicou o professor Eunezio Antonio Thoroh de Souza em entrevista concedida a agência.

Figura 4 – Classificação Internacional de Patentes




Fonte: Autoria Própria, com base dos dados do *Espacenet* (2020).

A Figura 4 destaca as Classificações Internacionais de Patentes (CIP) presentes nos depósitos analisados, sendo evidenciados os significados no Quadro 2. A CIP que apareceu com maior frequência foi a H01G11/36 relacionada a nanoestruturas, p. ex. nanofibras, nanotubos ou fulerenos; seguida da H01G11/86, C09K5/06, H01M4/62, H01G11/30, C01B31/04, H01G11/32, H01G11/24, H01M4/36, H01G11/46.

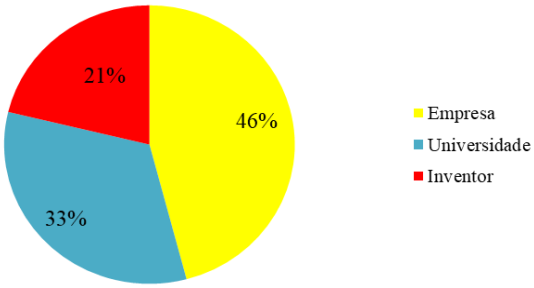
Quadro 2 – Classificações Internacionais de Patentes dos depósitos encontrados na base do *Espacenet*

| **Código de Classificação** | **Significado das classificações** |
|---|---|
| H01G11/36 | Nanoestruturas, p. ex. nanofibras, nanotubos ou fulerenos |
| H01G11/86 | Especialmente adaptados para eletrodos |
| C09K5/06 | Sendo a mudança de estado do líquido para o sólido ou vice-versa |
| H01M4/62 | Seleção de substâncias inativas como ingredientes para massas ativas, p. ex. ligantes, cargas |
| H01G11/30 | Caracterizado pelo seu material |
| C01B31/04 | Pelo crescimento epitaxiallo crescimento epitaxial |
| H01G11/32 | A base de carbono |
| H01G11/24 | Caracterizado pelos aspectos estruturais dos materiais combinados ou compreendidos nos eletrodos p. ex. forma, área superficial ou porosidade; caracterizado pelos aspectos estruturais do pó ou partículas usados para este fim |
| H01M4/36 | Seleção de substâncias especiais como materiais ativos, massas ativas, líquidos ativos |
| H01G11/46 | Óxidos metálicos |

Fonte: Autoria Própria (2020).

Assim, como no levantamento realizado na base do INPI, os depósitos encontrados no *Espacenet* também evidenciaram que a classificação mais presente nas CIPs encontradas foi a H que corresponde a Eletricidade.

Figura 5 – Perfil dos depositantes




Fonte: Autoria Própria, com base dos dados do *Espacenet* (2020).

A Figura 5 apresenta o perfil dos depositantes identificados nesta pesquisa, sendo que 46% são de empresas, 33% universidades e 21% de inventores.

Notou-se, que as empresas e as Universidades vêm demonstrando maior atenção acerca da aplicação do grafeno na geração de energia. No entanto, ainda há a necessidade de expandir as pesquisas nas Universidades para desenvolvimento dos novos produtos e processos, visto que foram poucos os depósitos encontrados nesta pesquisa.

## 4 Conclusão

No mapeamento tecnológico por meio de depósitos de pedidos de patentes relacionados à geração de energia renovável a base de grafeno, encontrou-se o objetivo inicial desta pesquisa, os resultados sintetizados evidenciam achados que certamente despertarão novas investigações temáticas sobre o assunto em questão, a saber:

Na base do INPI foram encontrados 13 depósitos recentes voltados para geração de energia à base de grafeno, em sua grande maioria depositados por instituições estrangeiras, no período de 2010 a 2019, justificando-se a necessidade de novas pesquisas nacionais com amplo potencial de expansão do sistema energético.

Por sua vez, na base do *Espacenet*, no período compreendido entre 2010 a 2019 foram encontrados 128 depósitos de patentes disponíveis para análise, com ênfase para os anos 2018 e 2019 com 50% dos depósitos encontrados, divergindo frontalmente dos resultados encontrados na base do INPI, evidenciando total ausência de depósitos neste período.

Nos países depositantes na base do Espacenet, a China destaca-se como maior depositário em patentes com aplicação do grafeno na geração de energia, representando 80% dos pedidos de patentes analisados e os Estados Unidos apresenta-se com 8%, não foram encontrados depósitos realizados pelo Brasil nesta base.

No perfil dos depositantes relatados nesta pesquisa 46% são de empresas. Embora se perceba maior concentração de depósitos patentários sobre aplicação do grafeno na geração de energia nas empresas e Universidades, evidencia-se o reduzido número de depósitos encontrados nesta pesquisa, demonstrando-se a necessidade de expansão de pesquisas acadêmicas para difusão de novos produtos e processos na temática investigada.

## 5 Referências

AGÊNCIA FAPESP. **Grafeno poderá ser usado para dissipar calor em circuitos integrados da internet 5G.** 2019. Disponível: <http://agencia.fapesp.br/grafeno-podera-ser-usado-para-dissipar-calor-em-circuitos-integrados-da-internet-5g/30249/>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ALENCAR, E; SANTANA, D. Processos de obtenção do grafeno, suas aplicações e sua importância para o Brasil. **Revista Acadêmica Osvaldo Cruz,** ano 4, n. 16, 2017.

CAMPOS, F. L. C.; GUIMARAES, R. R. R.; PEREIRA, G. J.; TAVARES, P. H. C. P; MIRANDA, C. A. S. Mapeamento mundial de patentes em esfoliação de grafeno e bateria de lítio. In: Mostra de Pesquisa em Ciência e Tecnologia 2018, Belo Horizonte. **Anais** da Mostra de Pesquisa em Ciência e Tecnologia 2018- Disponível em < https://even3.blob.core.windows.net/anais/83615.pdf> Acesso em 28 fev.2020.

CARVALHO, C. **Grafeno:** conheça o material que vai revolucionar a tecnologia do futuro. 2014. Disponível: <https://canaltech.com.br/produtos/grafeno-conheca-o-material-que-vai-revolucionar-a-tecnologia-do-futuro-25436/>. Acesso em: 10 fev. 2020.

CREMONEZZI, J. M. O. Novo nanocompósito ternário baseado em politiofeno, óxido de grafeno reduzido e dióxido de manganês para armazenamento de energia-Universidade Presbiteriana Mackenzie. **Dissertação** (Mestrado), 2017.
Disponível:<http://tede.mackenzie.br/jspui/bitstream/tede/3526/5/Josue%20Marciano%20de%20Oliveira%20Cremonezzi.pdf >. Acesso em: 28 fev. 2020.

MAMVURA, T. A; SIMATE, G. S. **The potential application of graphene nanotechnology for renewable energy systems.** Ebook Graphene-Based Nanotechnologies for Energy and Environment, 2019.
Disponível:<https://www.researchgate.net/publication/335065169_The_potential_application_of_graphene_nanotechnology_for_renewable_energy_system>. Acesso em: 28 fev. 2020.

MARION ,B; HASAN, N. Grafeno: Inovações, aplicações e sua comercialização. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas,** v. 2, n. 1, p. 29 – 40, 2016.

SANTOS, J. M. B. L. Grafeno. **Revista de Ciência Elementar,** v. 2, n. 2, 2014.

VIEIRA SEGUNDO, J. E. D. V.; VILAR, E. O. Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos,** v. 11, n. 2, 2016.