



## MONITORAMENTO TECNOLÓGICO EM GRAFENOS A PARTIR DE ANÁLISES EM DOCUMENTOS DE PATENTES.

Área temática: Inovação e Propriedade Intelectual

**Karla de Jesus**  
[karla.jesus@estacio.br](mailto:karla.jesus@estacio.br)

**Maria José Guimarães**  
[mjg@eq.ufrj.br](mailto:mjg@eq.ufrj.br)

**Estevão Freire**  
[estevao@eq.ufrj.br](mailto:estevao@eq.ufrj.br)

**Resumo:** O grafeno vem nos últimos dez anos revolucionando a ciência e tecnologia com possibilidades diversas em inúmeras aplicações. Grafeno é um nanomaterial definido como a base de construção de toda a família de materiais de carbono, como grafite, fulerenos e nanotubos de carbono. O grafeno constitui uma inovação tecnológica, por se tratar de um material tecnologicamente novo, sintetizado em laboratório em 2004 no Reino Unido por André Geim e sua equipe de pesquisa. Com o objetivo de monitorar a evolução tecnológica do grafeno, foi realizado o monitoramento tecnológico em documentos de patentes no banco de patentes nacional, o Instituto Nacional de Proteção Intelectual (INPI), e o banco de documentos de patentes comercial Derwent Innovations. Uma ferramenta bastante eficiente no monitoramento tecnológico é a bibliometria, uma técnica de prospecção eficaz no estudo de tendências. Na base de dados internacional foram encontrados pouco mais de 10.000 registros de patentes em grafeno no período entre 2004 e 2015, já no INPI, foram localizados 26 registros, sendo quatro de origem nacional. No Brasil as pesquisas se concentram na ciência pura a aplicada, enquanto no resto do mundo o foco é em aplicações concretas. No mundo inteiro têm ocorrido avanços bastante significativos nas pesquisas com grafeno, além das propriedades físicas e químicas, é investigada uma forma de alcançar a produção em escala industrial e com a qualidade requerida para atender os mercados consumidores atuais e potenciais. Observa-se, contudo que começa a ocorrer uma desaceleração na produção de documento de patentes e seu consequente depósito em base de patentes. Após cerca de 10 anos de descobertas e investimentos em pesquisas, a tecnologia com grafeno continua na fase de descobertas, porém, as descobertas são de obstáculos técnicos, como o controle da borda do grafeno, que interfere diretamente em suas propriedades eletrônicas. A falta de recursos técnicos e financeiros podem dificultar os avanços tecnológicos e provocar uma estagnação na evolução tecnológica.

**Palavras Chaves:** Graphene, Monitoramento Tecnológico e Patentes.

## INTRODUÇÃO

### Nanomateriais e Nanotecnologia

Em 1959 Richard Feynman, durante a palestra “*There’s plenty of room at the bottom* na *American Physical Society*” introduziu a concepção de que a matéria pudesse ser construída átomo a átomo. Durante a palestra Richard Feynman afirmou que fisicamente nada impedia a fabricação de dispositivos por meio da manipulação direta de átomos individuais e atentou para o fato de que, em dimensão atômica, poderiam ser esperados eventos diferenciados (DREXLER, 2002).

No entanto, só a partir da década de 1980, a evolução no desenvolvimento de equipamentos de síntese, caracterização e manipulação aconteceu, e alguns acontecimentos podem ser citados, tamanha sua importância, como a popularização da nanotecnologia a partir da publicação do livro *Engines of Creation* de Eric Drexler, em 1981; em seguida, a descoberta dos fulerenos em 1985; o nome IBM escrito com átomos de xenônio (Xe) em 1989; a descoberta dos nanotubos em 1991; e a síntese do grafeno, conseguida por André Geim e sua equipe, no Reino Unido, em 2004 (MCT, 2014).

A nanotecnologia trata do entendimento e controle dos fenômenos físicos e químicos, além da produção, caracterização e manipulação de materiais com dimensões nanométricas. São considerados nanomateriais aqueles com pelo menos uma dimensão inferior a 100 nm. Os nanoobjetos têm duas dimensões inferiores a 100 nm, e as nanopartículas três dimensões inferiores a 100 nm (STONE *et al.*, 2010; SAVOLAINEN *et al.*, 2010 e AQEL *et al.*, 2012).

A síntese e manipulação de materiais, em nanoescala, trouxeram algumas vantagens que transformaram a nanotecnologia em uma área de pesquisa ativa e de grande interesse industrial e científico. Dentre as vantagens de se trabalhar com nanomateriais estão a diferenciação em características físicas e químicas intrínseca a nanoestruturas e a capacidade de miniaturização de componentes e dispositivos aplicáveis (AQEL *et al.*, 2012).

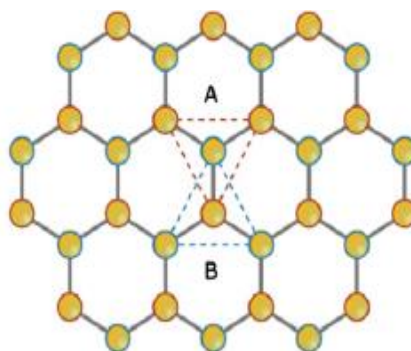
### Grafeno

O grafeno é um nanomaterial composto por átomos de carbono de configuração eletrônica  $sp^2$  arranjados entre si em uma rede bidimensional de forma hexagonal, como em

um “favo de mel”. Esse nanomaterial vem revolucionando a área de nanomateriais com suas diversas possibilidades nanotecnológicas.

Em 1994, a definição oficial foi dada pela *Internacional Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) onde se definiu grafeno como sendo uma única camada da estrutura gráfitica, considerada o último membro da série de naftalenos, antracenos, coronenos, etc. (GEIM, 2009; SOLDANO *et al.*, 2010). O termo “grafeno” pode ser usado para designar as camadas individuais da estrutura em compostos de intercalação de grafite e pode ser considerado o bloco básico de construção para alguns alótropos de carbono. Para a terminologia geral dos materiais de carbono, o uso do termo "camada de grafeno" também pode ser considerado (BOEHM *et al.*, 1994; GEIM *et al.*, 2007; BALUCH *et al.*, 2008; SINGH *et al.*, 2011).

O grafeno é um nanomaterial composto pela folha orgânica mais fina que pode existir com apenas 01 átomo de espessura, transparente e com os átomos de carbono de configuração eletrônica  $sp^2$  arranjados entre si em uma rede bidimensional de forma hexagonal, como em um “favo de mel”, conforme ilustrado na Figura 1. Foi obtido pela equipe de André Geim no Instituto de Tecnologia da Universidade de Manchester no Reino Unido em 2004, garantindo o Nobel de física aos pesquisadores André Geim e Konstantin Novoselov em 2010. A rede pode ser vista como composta de dois sub-reticulados interpenetrados em forma triangular, para a qual os átomos de uma subestrutura estão no centro dos triângulos definidos pelos átomos da outra subestrutura, e o comprimento entre os átomos de carbono C-C é de 1,42 Å (GEIM *et al.*, 2007; SOLDANO, 2010; SINGH *et al.*, 2011).



Fonte: SOLDANO, 2010

Figura 1 - Malha de grafeno: duas camadas triangulares (A e B).

## **Inovação**

O mercado cada vez mais competitivo, a busca por diferenciação em desempenho, o aumento da produtividade, sobrevivência de mercado e vantagens competitivas, levam a necessidade de mudanças tecnológicas por meio de inovação. Assim, a importância da inovação para o desenvolvimento econômico vem sendo intensificada com o acirramento da concorrência capitalista, que acelerou a realização e a difusão de novas tecnologias nas mais diversas atividades de produção. O rápido avanço do conhecimento vem alterando as formas com que a economia, sociedade, ciência e tecnologia se relacionam, e vem também ampliando a própria complexidade do processo inovativo (CORDER, 2006).

Segundo o Manual de Oslo, um produto tecnologicamente novo é um produto cujas características tecnológicas, ou usos pretendidos, diferem daqueles dos produtos produzidos anteriormente, e um produto tecnologicamente, aprimorado, é um produto existente cujo desempenho tenha sido significativamente elevado. Tais inovações podem envolver tecnologias radicalmente novas, combinação de tecnologias existentes em novos usos, ou podem ser derivadas do uso de novo conhecimento. Um produto simples pode ser aprimorado, em melhor desempenho ou menor custo, através de componentes ou materiais de desempenho melhor (OSLO, 2015).

### **Grafeno como inovação tecnológica**

O grafeno constitui uma inovação tecnológica, por se tratar de um produto tecnologicamente novo, no entanto pode ser inserido como componente em outros produtos, tornando-os produtos tecnologicamente aprimorados. A expectativa gerada em torno das possibilidades de aplicações com o grafeno já começou a ser suprida; apesar de se tratar de uma substância obtida, caracterizada e manipulada a pouco tempo, a transição da fase de P&D em bancada para a fase de produção em escala ocorre de forma rápida (RIZZI *et al.*, 2012).

### **Patentes como fonte de informação tecnológica**

Os documentos de patentes constituem fonte segura de informação tecnológica e são disponibilizados de forma padronizada e em nível internacional, facilitando a interface

usuário/computador e dando acesso aos dados bibliográficos de forma padronizada. Podem ser utilizados para definir o estado da técnica de determinada tecnologia; fundamentar decisões de investimento, apresentando potenciais alternativas técnicas; identificar tecnologias emergentes, tendências de mercado e previsão de novos produtos; definir potenciais rotas para aperfeiçoamentos em produtos e processos existentes; monitorar as atividades dos concorrentes; rastrear tecnologias e levantamento em nível mundial por empresa, inventor, assunto; analisar famílias de patentes, o que permite verificar os países, onde se busca proteção para uma mesma invenção (INPI, 2014).

Os documentos de patentes podem ser utilizados como indicadores de inovação, pois possuem ricas informações. Em um levantamento sobre determinado assunto específico é possível identificar os países com maior concentração de depósitos de patentes, as empresas que dominam a tecnologia; o foco do patenteamento das empresas mais atuantes; determinar as tendências dos maiores depositantes, etc. Esse levantamento possibilita a obtenção de vantagens estratégicas para as empresas na utilização da informação tecnológica, e na utilização em pesquisa e desenvolvimento identificando rotas tecnológicas e revelando soluções alternativas na busca por inovações por um mesmo objetivo. Pode ser usado como base para políticas e decisões governamentais, direcionando pesquisas, identificando pessoas e empresas mais atuantes em tecnologias específicas. Com esse estudo pode-se também monitorar o comportamento de concorrentes, avaliando oportunidades de mercado (MENDES, 2008).

### **Evolução tecnológica: até onde?**

O rápido avanço nas pesquisas e desenvolvimentos do grafeno culminou em enorme quantidade de publicações científicas, documentos de patentes, notícias, e claro, expectativas. Várias empresas no mundo produzem grafeno, atendendo a demanda de um grupo de cientistas, empresas e pesquisadores envolvidos no desenvolvimento da tecnologia. O principal objetivo desses *players* é a concreta aplicação viável do nanomaterial.

Algumas poucas grandes empresas, como a Samsung, objeto do estudo de caso deste trabalho, utilizam grafeno em componentes de dispositivos eletrônicos, alguns em fase de teste, visando à inovação em seus produtos. No entanto, a tecnologia com grafeno encontra-se

em poucas aplicações específicas, e a maioria, apresenta algum impedimento para o escalonamento.

O monitoramento e mapeamento de informações de determinado assunto norteiam as tendências de mercado, tornando-se ferramenta fundamental, no processo de inteligência competitiva. Possibilita estruturar informações e conhecimentos, para formulação de análises de cunho econômico, para posterior direcionamento de recursos, tanto técnicos, quanto financeiros. No entanto, não se trata de técnica trivial, pois envolve etapas como levantamento de fontes fidedignas de informações, seleção cuidadosa, dentre um grande número de informações, aquelas que têm potencial relevância, um tratamento adequado de dados coletados, entre outros. Além disso, a partir de análise desses dados, pode-se considerar um indicativo de novas oportunidades e sinais de mudança no mercado (BORSCHIVER *et al.*, 2008).

Sendo assim, o objetivo principal deste trabalho é apresentar o estado da arte do nanomaterial grafeno, através de monitoramento aplicado em documentos de patentes.

## **Metodologia**

A pesquisa envolveu a predefinição dos requisitos de busca, definição de palavras chave; período de tempo; filtros diversos; etc. A coleta de dados para análise foi realizada dentro de um período de tempo previamente estipulado entre janeiro de 2004 e dezembro de 2015.

A base de dados escolhida para o monitoramento tecnológico em patentes foi a *Derwent Innovations Index 4*. No banco de patentes *Derwent Innovation Index*, no campo ‘Pesquisa Básica’ foram empregadas as palavras-chave *graphene* para levantamento de documentos de patentes em grafeno no campo título do documento. Foi visitada também a base de patentes brasileira, o site do INPI.

O INPI - Instituto Nacional de Propriedade Industrial é o escritório de patentes do Brasil. No portal estão disponibilizados documentos de patentes digitalizados a partir de agosto de 2006. Como opção de busca o pesquisador pode digitar diretamente o número do processo ou buscar por palavra-chave nos campos título, resumo, nome do inventor ou do depositante. É preciso acessar o link ‘patentes’ a esquerda da tela, ir em ‘busca’ e em seguida

clicar no link ‘aqui’ no final do texto explicativo. Uma tela de identificação se abrirá exigindo a digitação de caracteres dados, em seguida a tela de pesquisa básica exibirá vários campos de busca.

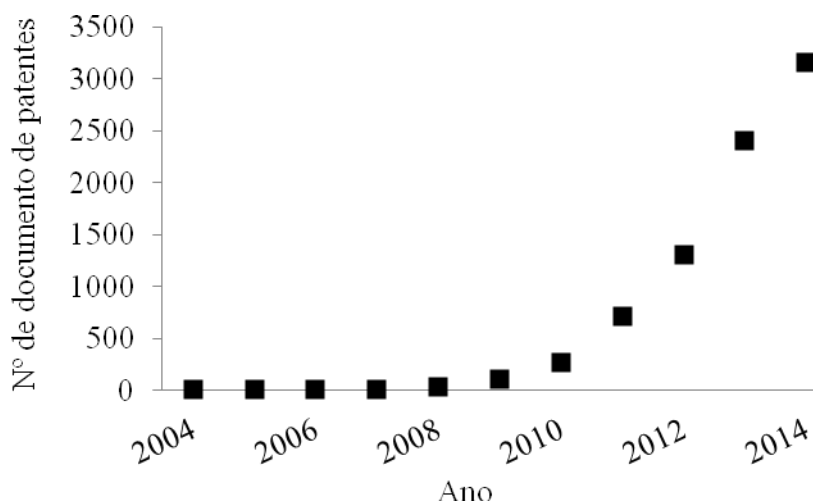
O *Derwent Innovations Index* é atualizado semanalmente e contém mais de 16 milhões de invenções práticas, desde 1963 até os dias de hoje. As informações de patente são coletadas com 41 autoridades emissoras de patente em todo o mundo e são classificadas em três categorias ou seções: Química, Engenharia e Eletroeletrônico. Cerca de 25.000 novos registros de patentes são adicionados ao banco de dados por semana. Ao abrir a base *Derwent Innovation Index*, no campo ‘Pesquisa Básica’ foram empregadas as palavras-chave mencionadas em idioma inglês, no campo ‘título do documento’. As palavras-chave predeterminadas, *graphene* e *graphenes*, foram inseridas no subcampo “*title*”. Esta base também disponibiliza a ferramenta “*analyzer results*” que fornece a contagem dos registros determinados nos filtros. Foram aplicados filtros para contagem dos registros por ano, por instituição, por área da ciência, entre outras.

## **Resultados e Discussão**

### **Monitoramento tecnológico em documentos de patentes de grafeno**

#### **Distribuição de pedidos de patentes por ano**

Na base de dados *Derwent Innovations* foram encontrados 11.864 documentos de patentes sobre e grafeno no período entre janeiro de 2004 e dezembro de 2015. A distribuição ao longo dos anos é apresentada na Figura 2.



Fonte: Elaboração própria, baseado em dados de *Derwent*, 2015.

Figura 2 – Quantidade de documentos de patentes sobre grafeno na base *Derwent* - 2004 a 2015.

O gráfico da Figura 2 possibilita, em uma primeira análise, observar que a quantidade de documentos de patentes gerados ao longo dos anos apresenta tendência expressiva de crescimento. Desde o ano de sua obtenção, 2004, até 2006, as invenções utilizando grafeno duplicaram, indo de cinco para 10 documentos de patentes em dois anos. De 2006 para 2008 teve um aumento significativo, cerca de 10 vezes a mais, indo de 10 para 108. No entanto, a partir de 2008, a taxa de crescimento apresentou redução, enquanto em 2008 era de 108 registros de patentes em 2011 foi para 715, um percentual de aumento de aproximadamente 600%. Reduzindo para 300% de crescimento entre 2011 (715) e 2013 com 2404 registros de patentes, até alcançar um aumento de apenas 150% entre 2013 (2404) e 2015 com 3855 registros.

A obtenção do grafeno em laboratório e a possibilidade de manipulação e caracterização vêm evoluindo rapidamente ao longo dos últimos dez anos. Pode-se afirmar que toda a experiência obtida com a descoberta dos nanotubos de carbono, em 1991, (um dos nanomateriais mais estudados no mundo) alavancou as pesquisas e o desenvolvimento do grafeno. A capacidade de desenvolver técnicas de síntese e caracterização, utilizando o conhecimento já estabelecido com os avanços das P&D&I com os nanotubos de carbono, fez com que os registros de patentes em grafeno, num período de dez anos, fossem bem significativos. A redução observada na quantidade de registros de patentes em grafeno por ano pode ser atribuída a possíveis limitações técnicas, o que impossibilitam o escalonamento.



## Distribuição de pedidos de patentes por instituição

As instituições que geraram 50 ou mais registros de patentes foram compiladas e apresentadas nas Tabelas 1, 2 e 3, incluindo universidades, empresas, e institutos de pesquisas. Pode-se observar que em um total de 29 instituições que produziram registros de patentes, 16 são universidades, oito são empresas, quatro são instituições de pesquisas e dois são pessoas físicas. Dentre as universidades que se destacam na produção de registros de patentes, estão as da China, indicando que é um dos países destaques em investimentos nas pesquisas, desenvolvimento e inovação de grafeno.

Tabela 1 - Universidades destaques em registros de patentes sobre grafeno - 2004 a 2015.

<b>INSTITUIÇÃO</b>	<b>GRAFENO</b>
Universidade Sungkyunkwan	144
Universidade Zhejiang	121
Universidade Shanghai Jiaotong	106
Universidade Qinghua	102
Universidade Xidian	89
Universidade Southeast	84
Universidade Jiangsu	64
Universidade Fudan	63
Universidade Tianjin	61
Universidade Shanghai	59
Universidade Nanjing	56
Universidade Peking	56
Universidade Tongji	55
Universidade China	51
Universidade Donghua	50

Fonte: Elaboração própria, baseado em dados do site *Derwent*, 2015.

A primeira da lista, a Universidade Sungkyunkwan gerou documentos de patentes em grafeno em assuntos diversificados, tais como: dispositivos eletrônicos e técnica de síntese CVD. O primeiro documento de patente gerado pela Universidade Zhejiang em grafeno relata a invenção de um catalisador para células de combustível contendo grafeno, platina e óxido de cério, seguida de várias outras invenções nas áreas de química, engenharia, polímeros e energia. A Universidade de Shanghai Jiaotong tem focado seus investimentos em materiais compósitos para aplicações na área de química, engenharia, polímeros e energia. A Universidade de Qinghua relata invenções no preparo de filmes de grafeno, sua funcionalização e manipulação, além de desenvolvimentos na área de instrumentação, equipamentos para caracterização, como a microscopia eletrônica de transmissão, engenharia e energia.

Dentre os Centros de Pesquisa que se destacam estão o Instituto de Tecnologia de Harbin, na China, e o Instituto Avançado de Ciência e Tecnologia, da Coreia do Sul, são os centros de pesquisas líderes na geração de registros de patentes sobre grafeno, com 81 e 107 produzidos entre 2004 e 2015, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta as empresas que desenvolvem invenções e inovações e possuem registros de patentes em grafeno, tendo destaque a Hon Hai Precision Ind, mais conhecida como Foxconn, a SAMSUNG e a IBM.

Tabela 2 - Empresas destaques em registros de patentes sobre grafeno - 2004 a 2015.

EMPRESAS	GRAFENO
Oceans King Lighting	735
SAMSUNG	299
Int Business Machines Corp	128
Haiyangwang Lighting	94
Hon Hai Precision Ind	53

Fonte: Elaboração própria, baseado em dados do site *Derwent*, 2015.

As chinesas *Ocean's King Lighting* e a *Haiyangwang Lighting* tem como foco principal o desenvolvimento da tecnologia de iluminação. Especializadas em sistemas de iluminação avançados, desenvolveram uma série de produtos que geraram patentes liderando

o mercado de iluminação com lâmpada LED a prova de explosão, seu equipamento de produção principal. A empresa Tailandesa *Hon Hai Precision Industry* pode ser considerada a maior empresa de eletrônicos no mundo e é mais conhecida pelo seu nome comercial *Foxconn*. Fabrica computadores, eletrônicos de consumo, comunicações e outros produtos, incluindo conectores, cabos, caixas, displays de tela plana, consolas de jogos e televisões; além disso, fornece serviços de engenharia de projeto e ferramentas mecânicas. Isso permite a Hon Hai acumular grande quantidade de patentes e a fez líder em inovação e know-how técnico. A Hongfujin Precision Ind é uma subsidiária da Hon Hai Precision Industry.

A análise realizada no código internacional de patente (CIP) das empresas *Haiyangwang Lighting*, *Hon Hai Precision Ind* e da *Ocean's King Lighting*, foi realizada considerando os dez primeiros códigos. O resultado mostra que os que se destacam, C01B-031/04 e C01B-031/02, representam compostos químicos inorgânicos de carbono e seus derivados, e a preparação dos mesmos a partir do minério grafita. Os demais, como o H01G-9/042, tratam do desenvolvimento de dispositivos elétricos, como por exemplo, capacitores. O B82Y-40/00 trata de aplicações, análises, fabricação ou tratamento de nano estruturas, e o B82Y-30/00, de nanotecnologia para ciência de materiais ou de superfícies.

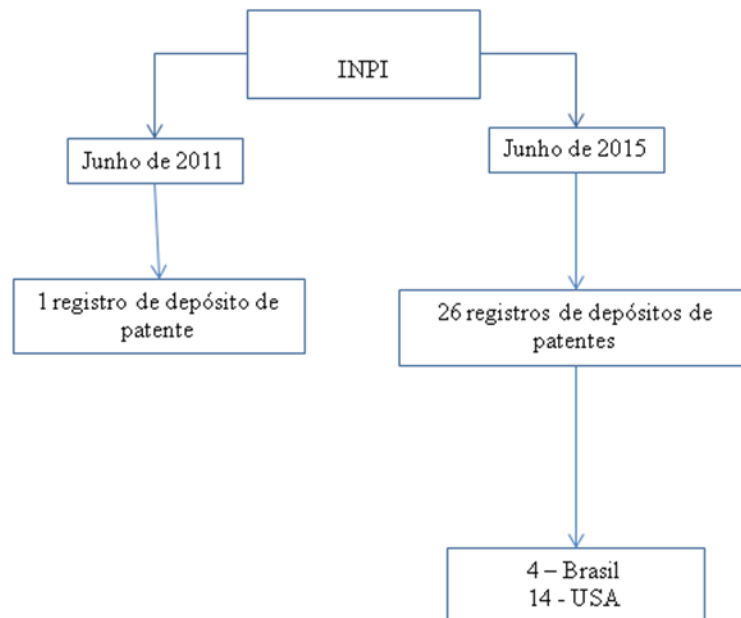
### **Distribuição de documentos de patentes na base INPI no Brasil**

O Brasil está muito distante de países desenvolvidos, como a China e a Coreia do Sul, em relação ao número de registros de patentes de grafeno. Além disso, é um país onde poucos outros buscam depositar seus documentos de patentes. Na busca na base de patentes do INPI foram encontrados apenas 26 registros de patentes relacionados à invenções com grafeno, sendo apenas quatro de origem nacional.

A integração entre a comunidade científica e a indústria, no Brasil, é muito discreta. Basicamente, a comunidade científica está focada em ciência pura e pesquisa básica, e são campos onde ocorre o menor número de invenções geradoras de documentos de patentes. A pesquisa aplicada e as atividades relacionadas especificamente com engenharia, que se ocupa de criar, são poucas, devido, principalmente, aos baixos investimentos disponibilizados.

A Figura 3 apresenta a evolução na quantidade de registros de patentes na base INPI, mostrando o ‘vigor’ no desenvolvimento de invenções com grafeno, entre junho de 2011 e

junho de 2015. Em 2011, foi o primeiro registro localizado na base de patente brasileira. Em quatro anos, o número de registros no INPI subiu para 26, aumento expressivo em pouco tempo para a ciência.



Fonte: Elaboração própria, baseado em dados de INPI, 2015.

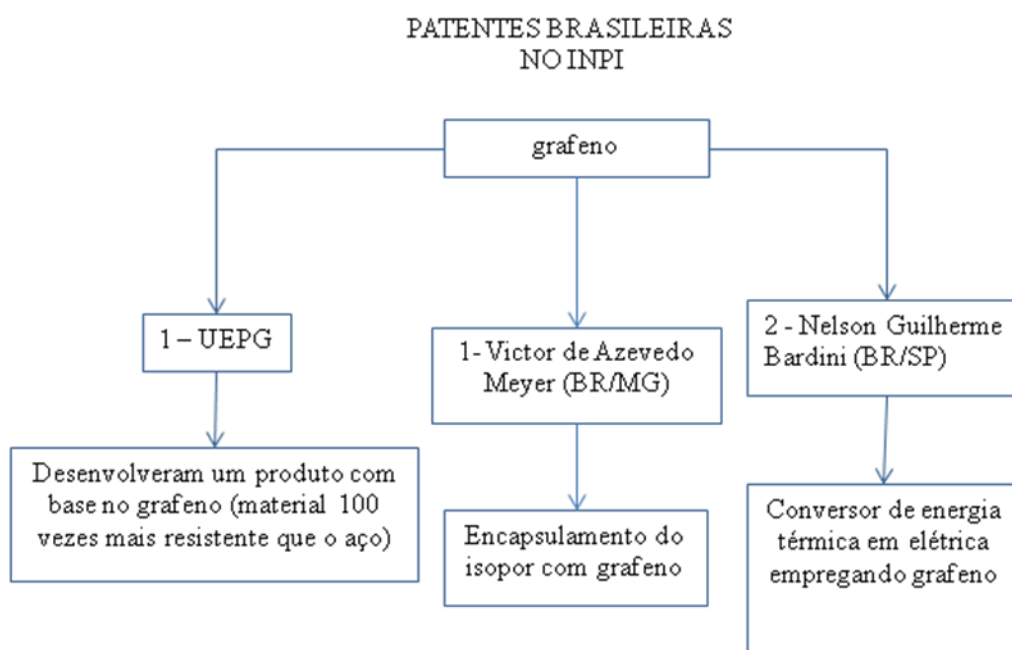
Figura 3 – Quantidade de documentos de patentes sobre grafeno na base INPI- 2004 a 2015.

As áreas de destaques no total de registros de patentes na base INPI. Pode-se observar que o desenvolvimento de compósitos realmente é a área que mais demanda experimentos com grafeno, visto que os pesquisadores buscam melhorar as propriedades dos materiais já utilizados em diversas aplicações com a inserção de grafeno em sua estrutura. O segundo maior foco, está na síntese e produção do nanomaterial, objetivando o escalonamento e com a qualidade que permita sua aplicação nas mais diversas áreas, tais como, medicina e eletrônicos.

Em relação aos países, os Estados Unidos foi quem mais depositou pedidos de patentes no INPI, com 14 registros sobre grafeno, seguido do Brasil com 04 registros de patentes. Outros países que investem em processo de pedido de patentes em grafeno são França, Alemanha, Finlândia e Reino Unido, entre outros; além de países asiáticos, como Singapura.

A Figura 3 apresenta os inventores brasileiros e o assunto de seus documentos de patentes. A Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG) desenvolveu um documento de

patente que relata a criação de um material compósito 100 vezes mais resistente que o aço. Duas invenções brasileiras são de pessoas físicas. O Victor de Azevedo Meyer, de Minas Gerais, criou um isopor encapsulado com grafeno, criando uma barreira de escape de gases. O Nelson Guilherme Bardini, de São Paulo, criou um conversor de térmica em elétrica empregando grafeno.



Fonte: Elaboração própria, baseado em dados de INPI, 2015.

Figura 3 – Registros de patentes brasileiras sobre grafeno na base INPI- 2004 a 2015.

Os 14 registros de patentes dos Estados Unidos sobre grafeno relatam assuntos diversos. Do total, sete relatam invenções sobre a síntese e produção do grafeno em solução a partir de um solvente, obtenção de óxido de grafeno, e ainda, produção de grafeno a partir de nanotubos de carbono via exposição de metal alcalino. Na área de materiais, quatro registros relatam invenções sobre compósitos poliméricos, com poli (tereftalato de etileno) e membrana contendo grafeno, para sensoriamento molecular de alta sensibilidade. Sobre invenções relacionadas à manipulação, encontram-se dois registros, sobre funcionalização por dopagem e transferência de grafeno.

## **Considerações finais**

O Brasil faz parte do mapa global em pesquisas com grafeno, com vários grupos de pesquisas, universidades e centros de pesquisa, fazem parte dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT) financiados pelo Ministério da Ciência e Tecnologia do Brasil, e se dedicam à síntese, caracterização e aplicações dos nanomateriais de carbono, incluindo o grafeno.

Como o Centro de Tecnologia Avançado em Grafeno, o MackGraphe, primeiro centro dedicado a pesquisa de materiais bidimensionais na América Latina, com cooperação com o Centre for Advanced 2D Materials e Graphene Research Centre, da National University of Singapore, trabalhando de maneira complementar, e apoio desde o início da FAPESP, CNPq e BNDES (MACKENZIE, 2016).

Nos últimos anos, os pesquisadores brasileiros têm avançado bastante nas pesquisas com grafeno e o foco dessas pesquisas está no entendimento das propriedades físicas e químicas desse nanomaterial. Além de investigações no desenvolvimento de métodos de síntese viáveis e aprimoramento de técnicas de purificação e caracterização do grafeno e de seus derivados, como o óxido de grafeno. O grande desafio dos pesquisadores é alcançar a produção em escala industrial e com a qualidade requerida para atender os mercados consumidores atuais e potenciais.

Em nível mundial, os recursos despendidos nas pesquisas e geração de documentos de patentes em grafeno são significativos. Nos países desenvolvidos, sobretudo aqueles cuja indústria de semicondutores está consolidada, caso dos EUA, China, Coreia do Sul e Japão, uma das aplicações mais testadas é a de utilização de grafeno em baterias e transistores, para aumentar a capacidade de armazenamento de dados. A China é o país que detém a maior reserva mundial de grafite, que serve de matéria-prima para obtenção de grafeno. Para produção em larga escala, possivelmente a China, com suas enormes reservas de grafite será o país mais importante para a industrialização de nanomateriais de carbono. Nesses países observa-se grande número de parcerias entre universidades e empresas, como é o caso da Universidade de Sungkyunkwan na Coreia do Sul e da empresa Samsung.



Em 10 anos de P&D a nanotecnologia avançou de forma significativa e os estudos preliminares, constituem a fase onde as descobertas aparecem com maior rapidez, gerando grande interesse. Com o passar do tempo, as investigações acontecem com maior profundidade e a capacidade de manipulação, caracterização, funcionalização, experimentos de forma geral é desenvolvida gerando cada vez mais pesquisas e conseqüentemente, aumentando o número de artigos publicados. Os cientistas envolvidos com a pesquisa, desenvolvimento e inovação, querem apresentar à comunidade científica, suas descobertas e seus experimentos. O momento de desaceleração nesse cenário começa com o surgimento de obstáculos tecnológicos quanto ao seu desenvolvimento, seja pela falta de recursos técnicos (ferramentas, equipamentos, etc) ou pela falta de recursos financeiros. Aspectos tais como o controle das bordas da folha de grafeno, durante o processo de síntese, acarretam grande dificuldade de escalonamento. Os mecanismos de síntese são complexos, dificultando o controle no que diz respeito à reorganização dos átomos de carbono durante a síntese. Esses fatos acarretam numa desaceleração na geração de patentes, e conseqüentemente, isso indica estagnação na evolução tecnológica.

## REFERÊNCIAS

AQEL, A.; KHOLOUD, M. M.; ABOU, EL-N.; REDA, A. A.; AMMAR, C.; ABDULRAHMAN, AL-W. Carbon nanotubes, science and technology part (I) structure, synthesis and characterization. *Arabian Journal of Chemistry*, 5: 1–23, 2012.

BALUCH, A. S., WILSON, B., MILLER, J. C. Patenting Graphene: Opportunities and Challenges. *Nanotechnol. Law & Business*, 2008.

BOEHM, H. P., SETTON, R., STUMPP, E. Nomenclature and terminology of graphite intercalation compounds. *Pure and Applied Chemistry*, 66 (9): 1893–1901, 1994.

BORSCHIVER, S.; ALMEIDA L. F. M.; ROITMAN T. Monitoramento tecnológico e mercadológico de biopolímeros. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 18 (3): 256-261, 2008

CORDER S. TD 1244 - Políticas de Inovação Tecnológica no Brasil: Experiência Recente e Perspectivas. IPEA. Brasília. Dezembro/2006.

GEIM, A. K. Graphene: Status and Prospects. *Science*, 324 (5934): 1530-1534, 2009.

GEIM, A. K., NOVOSELOV, K. S. The Rise of Graphene. *Nature Materials*, 6 (3): 183–191, 2007.

INPI. Instituto Nacional de Proteção Intelectual. Disponível em: [http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta\\_despacho/tabela1\\_html](http://www.inpi.gov.br/menu-esquerdo/patente/pasta_despacho/tabela1_html). Acesso em agosto/2014.

MACKENZIE. Disponível em: <http://mackgraphe.mackenzie.br/index.php?id=26893&L=1>. Acesso em: abril/2016.

MCT Ministério da Ciência e Tecnologia. Disponível em: [http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/355880/Brasil\\_debate\\_possivel\\_adesao\\_a\\_pro\\_jeto\\_de\\_regulacao\\_em\\_nanotecnologia.html](http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/355880/Brasil_debate_possivel_adesao_a_pro_jeto_de_regulacao_em_nanotecnologia.html). Acesso em: abril/2015.

MENDES, C. d’U. S. Curso de Capacitação em PI para Gestores de Tecnologia Módulo Avançado Prospecção Tecnológica. INPI. Curitiba – PR. Março, 2008.

RIZZI L. G.; BIANCHI M.; BEHAM A.; CARRION E.; GUERRIERO E.; POLLONI L.; POP E.; SORDAN R. Cascading Wafer-Scale Integrated Graphene Complementary Inverters under Ambient Conditions. *Nano Letters*, 12 (8): 3948–3953, 2012.

SAVOLAINEN, K.; PYLKKÄNEN, L.; NORPPA, H.; FALCK, G.; LINDBERG, H.; TUOMI, T.; VIPPOLA, M.; ALENIUS, H.; HÄMERI, K.; KOIVISTO, J.; BROUWER, D.; MARK, D.; BARD, D.; BERGES, M.; JANKOWSKA, E.; POSNIAK, M.; FARMER, P.; SINGH, R.; KROMBACH, F.; BIHARI, P.; KASPER, G.; SEIPENBUSCH, M. Nanotechnologies, engineered nanomaterials and occupational health and safety – A review. *Safety Science*, 48: 957–963, 2010.

SINGH, V.; JOUNG, D.; ZHAI, L.; DAS, S.; KHONDAKER, S. I.; SEAL, S. Graphene based





materials: Past, present and future. *Progress in Materials Science*, 56: 1178–1271, 2011.

SOLDANO, C.; MAHMOOD, A.; DUJARDIN, E. Production, properties and potential of graphene. *Carbon*, 48 (8): 2127 -2150, 2010.

STONE, V.; NOWACK, B.; BAUN, A.; BRINK, N. V. D.; KAMMER, F. V. D.; DUSINSKA, M.; RICHARD, H.; STEVEN, H.; HASSELLÖV, M.; JONER, E.; FERNANDES, T. F. Nanomaterials for environmental studies: Classification, reference material issues, and strategies for physico-chemical characterization. *Science of the Total Environment*, 408: 1745–1754, 2010.