



INTER
FACES
CIENTÍFICAS

EXATAS E TECNOLÓGICAS

ISSN IMPRESSO - 2359-4934

E-ISSN - 2359-4942

DOI 10.17564/2359-4934.2016v2n1p29-40

GRAFENO: INOVAÇÕES, APLICAÇÕES E SUA COMERCIALIZAÇÃO

Bianca Marion¹

Nasser Hasan²

RESUMO

O grafeno é considerado o material do futuro por ter aplicabilidade nas mais variadas áreas, como na nanoquímica, nanoengenharia e nanobiologia. Nesse artigo serão estudadas empresas no Brasil e no mundo que utilizam o grafeno para o desenvolvimento de produtos inovadores a fim de melhorar a vida das pessoas pela implementação da medicina, engenharia, eletrônica, energia, entre outros setores. Por meio da análise realizada, é possível constatar que muitos investimentos foram realizados, principalmente no exterior, onde é encontrada uma maior quantidade de produtos que utilizam o grafeno, pois já existem fontes de formação de profissionais para lidar com o desenvolvimento destes produtos. Entretanto, os expe-

rimentos realizados no Brasil ainda estão focados no estudo do desenvolvimento do material do que propriamente dito nos produtos. Para uma efetiva criação de produtos com a utilização do grafeno, é necessário que haja uma maior interação entre as empresas e os centros de pesquisa e universidades para que haja investimentos particulares para a inserção destas descobertas inovadoras no mercado.

PALAVRAS-CHAVE

Grafeno, nanotecnologias, nanociências, nanoengenharia, inovação.

ABSTRACT

Due to its various applications in areas such as nanochemistry, nanoengineering and nanobiology, graphene is seen as a futuristic material. This article will consider companies in Brazil and in the rest of the world that use graphene as a means of innovative product development, in order to improve people's lives through its implementation in medicine, engineering, electronics and energy. Through the analysis, it has been established that many investments have been realized, mainly outside of Brazil, where a larger quantity of products using graphene are found, where means of professional specialization already take place. However, researches realized in Brazil are

mainly focused on the study of the development of the material, rather than the product itself. For an effective creation of materials with the use of graphene, business, research centers and universities will need to see a greater combination of effort, and, therefore, through private investment, we will see a greater insertion of these innovative discoveries in the market.

KEYWORDS

Graphene, nanotechnology, nanoscience, nanoengineering, innovation.

RESUMEN

El grafeno es considerado el material del futuro por tener aplicabilidad en diversas áreas, tales como nanoquímica y Nanoingeniería Nanobiología. En este trabajo serán estudiadas empresas en Brasil y en todo el mundo que utilizan grafeno para desarrollar productos innovadores a fin de mejorar la vida de las personas para la ejecución de la medicina, la ingeniería, la electrónica, la energía, entre otros sectores. A través del análisis, se percibe que mucho ha sido invertido, especialmente en el extranjero, donde se encuentra una mayor cantidad de productos que utilizan grafeno, al paso que ya existen fuentes de formación profesional para desarrollar estos productos. Sin embargo, los experimentos llevados a cabo en Brasil to-

avía se centraron en el estudio del desarrollo del propio material en vez de los productos. Para la creación efectiva de los productos con el uso del grafeno, es necesario que haya una mayor interacción entre las empresas y los centros de investigación y universidades para impulsar la inversión privada permitiendo la inclusión de estos descubrimientos innovadores en el mercado.

PALABRAS CLAVE

El grafeno, la nanotecnología, nanociencia, nanoingeniería, la innovación.

1 INTRODUÇÃO

Não há dúvida de que as pesquisas na escala do nanômetro estão mudando a tecnologia atual, o que esta causando impacto em todo o mundo. Por causa do grande potencial das nanotecnologias, fazer previsões fantásticas sobre o futuro é “fácil”, principalmente após a descoberta do grafeno.

O grafeno, que tem a espessura de um átomo de carbono, é um dos materiais mais revolucionários que se acredita ter desenvolvido devido as suas excelentes propriedades mecânicas, elétricas, térmicas, ópticas, entre outras (GEIM; NOVOSELOV, 2007; GEIM, 2009). Estas propriedades sugerem que o grafeno substituirá muitos materiais em diversas aplicações. Entretanto, essas propriedades podem ser combinadas em um único material e o grafeno pode também originar várias tecnologias disruptivas.

Neste artigo será feito um estudo sobre os progressos nas pesquisas do grafeno e as aplicações tecnológicas desenvolvidas por empresas no mundo e no Brasil, nos mais diversos setores, tais como: eletrônica, saúde, engenharia, energia, indústria automobilística, aviação, de defesa, entre outros. Mapear, acompanhar e analisar este precioso nanomaterial, tanto no exterior, quanto no Brasil, é de extrema relevância para que se possa elaborar uma estratégia a partir da análise mercadológica que fornecerá indícios para se identificar as possíveis áreas que o Brasil pode se tornar mais competitivo, principalmente no momento em que as inovações são fundamentais para o desenvolvimento de um país.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste artigo é, inicialmente, a realização de uma pesquisa bibliográfica das empresas que utilizam o grafeno para o desenvolvimento de novos produtos ou empresas que trabalham no

desenvolvimento de novas técnicas para a produção do grafeno em larga escala tanto no Brasil, como no mundo. No mundo, as empresas foram divididas por continentes para uma melhor visualização das ações que estão sendo tomadas em cada um deles.

Por meio desta pesquisa e dos dados apresentados neste artigo, será possível observar os impactos do grafeno na melhoria da qualidade de vida das pessoas, por meio das soluções propostas, além de ser possível constar que o grafeno tem um alto potencial de mudança nos produtos fabricados atualmente por suas ótimas propriedades.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Pelo fato das nanotecnologias serem um assunto cada vez mais discutido no meio acadêmico para desenvolvimento de pesquisas, podem também gerar oportunidades de negócio. Seu estudo se faz necessário e a exposição dos benefícios que estão sendo introduzidos à realidade mundial se tornam imprescindíveis.

Nanotecnologias, que podem ser definidas como um campo multidisciplinar e interdisciplinar da ciência e tecnologia que trabalha com estruturas na dimensão do nanômetro (<100nm), tem se mostrado cada vez mais presente no desenvolvimento de novos produtos e processos industriais (SCHULZ, 2013).

A *National Nanotechnology Initiative* (NNI), que é um programa federal dos Estados Unidos de pesquisa em ciência, engenharia e desenvolvimento tecnológico em nanoescala define nanotecnologias como (POHLMANN; GUTERRES, 2013):

a) O entendimento e controle da matéria e processos em nanoescala, tipicamente, mas não exclusivamente, abaixo de 100 nanômetros em uma ou

mais dimensões, onde o aparecimento de fenômenos dependentes da dimensão normalmente permite novas aplicações;

b) Utiliza as propriedades de materiais em nanoescala que diferem das propriedades dos átomos individuais, moléculas e do volume da matéria, para criar melhores materiais, dispositivos e sistemas que explorem essas novas propriedades (POHLMANN; GUTERRES, 2013).

As nanotecnologias estão revolucionando o mundo com muitos processos, produtos, conhecimentos e geração de recursos humanos, podendo ser consideradas do ponto de vista de inovação como uma “plataforma tecnológica” (ALVES, 2013). Segundo alguns analistas financeiros, o mercado mundial de nanotecnologias em 2015 será de US\$ 2,84 trilhões de dólares (SEERS; PETERSEN; BOWMAN, 2012), trazendo grandes expectativas para o desenvolvimento de países e indústrias nos mais variados setores produtivos.

Neste contexto, o grafeno (nanoestrutura de carbono) vem sendo considerado tão ou mais revolucionário do que o silício e o plástico por ser extremamente forte, leve, flexível, ótimo condutor de eletricidade e quase totalmente transparente (ARAIA, 2012). Este material vem revelando diversas aplicações e tem desempenhado um papel significativo na ciência de nanomateriais, devido à diversidade de suas formas estruturais e propriedades peculiares (ALIVISATOS, 2004).

Desde a descoberta dos fulerenos, em 1985 por Kroto, e dos nanotubos de carbono, em 1991 por Iijima, os materiais grafiticos de baixa dimensionalidade tem recebido uma crescente atenção por parte da comunidade científica. Este interesse se justifica devido à riqueza de novos fenômenos apresentados por estes sistemas e ao grande potencial para aplicações nas mais diversas áreas (micro e nanoeletrônica, sensores, nanoengenharia, entre outros) (NOVOSELOV ET AL., 2012).

O grafeno é uma folha plana de átomos de carbono compactados em uma grade de duas dimensões com espessura de apenas um átomo, reunidos em uma estrutura cristalina hexagonal. A folha de grafeno pode formar uma esfera (fulereno) ou um tubo (nanotubo). Se muitas dessas folhas forem empilhadas, resultará num grafite tridimensional. O nome grafeno se constitui da junção do prefixo graf-, da palavra grafite, com o sufixo -eno; o grafite em si consiste de múltiplas folhas de grafeno arranjadas umas sobre as outras. O uso do termo “camada de grafeno” é também considerado para a terminologia geral dos carbonos (MANCHESTER, 2015).

O termo grafeno foi usado pela primeira vez em 1987, entretanto, o conceito é conhecido desde 1947, mas existia apenas como teoria, pois se acreditava que uma estrutura bidimensional não poderia existir fisicamente. A definição oficial foi dada pela *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC) em 1994, que considera o grafeno como sendo uma camada única da estrutura grafitica.

Em 2004, um grupo do Centro de Nanotecnologia da Universidade de Manchester, liderado pelos Prof. André K. Geim e Konstantin Novoselov conseguiram isolar pequenos fragmentos de monocamadas de grafeno, a partir de grafite. O grafeno é, portanto, constituído de uma camada única de átomos de carbono dispostos em uma estrutura semelhante a um favo de mel, sendo um material bidimensional, composto de átomos de carbono. No ano de 2010, os professores André e Konstantin foram agraciados com o Prêmio Nobel de Física (MANCHESTER, 2015).

Além de possuir propriedades eletrônicas excepcionais, as propriedades térmicas, mecânicas e de alta condutividade dos grafenos oferecem à indústria uma alternativa potencial ao silício e ao diamante. Entretanto, embora muitos métodos de síntese tenham sido desenvolvidos para o grafeno, a qualidade e a escala de produção ainda precisam de aperfeiçoamento. Além disso, a maioria dos métodos de

caracterização recente necessita da transferência de grafeno a um substrato específico, o que diminui a eficiência da caracterização. Portanto, métodos de identificação rápida e eficaz precisam ainda ser desenvolvidos (NOVOSELOV ET AL., 2012).

Por estas propriedades incríveis de escala nanométrica sugerem muitas possibilidades para aplicações científicas e comerciais. As limitações na elaboração e manipulação do grafeno estão, com certeza, sendo estudadas. As pesquisas têm a intenção de inventar novos métodos para crescer com precisão o grafeno, separá-lo após o crescimento e posicioná-lo com rapidez e precisão. Atualmente, a caracterização e posicionamento de bilhões de grafenos separados parece ser um desafio significativo, no entanto, com a nanoengenharia, novas descobertas estão sendo feitas a cada dia, tornando possível a viabilização dos avanços trazidos pelo grafeno (ORCUTT, 2013).

Nos tópicos a seguir serão exibidas as empresas nacionais e mundiais que estão trabalhando para o desenvolvimento de produtos com o uso do grafeno.

3.1 EMPRESAS QUE UTILIZAM O GRAFENO

O grafeno é um material promissor e, com isso, muitas empresas visam sair na frente na corrida rumo ao desenvolvimento de produtos inovadores com o uso desta tecnologia. O desafio deste material é sua fabricação em larga escala, porém, quando este for superado, sua introdução no mercado será sem precedentes.

As empresas mundiais e brasileiras que utilizam o grafeno para o desenvolvimento e aprimoramento de produtos serão divididas em dois tópicos para uma melhor visualização.

3.1.1 GRAFENO NO MUNDO

Empresas ao redor do mundo vêm investindo no desenvolvimento de produtos com o uso do grafeno nas mais variadas aplicações. A seguir, serão apresen-

tados exemplos de organizações que investem na inserção deste material para melhorar a qualidade dos produtos, materiais e da vida das pessoas.

• Europa

Um exemplo é a parceria entre o Instituto Hohens- tein e as empresas alemãs Ionic Liquids Technologies (IoLiTec) e Fuchsuber Techno- Tex e as belgas Cente- xbel e Soieries Elite. Eles estão desenvolvendo uma pesquisa com a utilização do grafeno em uma aplica- ção têxtil, denominada GRAFAT (HOHENSTEIN, 2015).

A pesquisa explora o uso do grafeno na modifica- ção dos tecidos usados nas roupas de proteção contra fogo. O uso deste material pode melhorar as proprie- dades retardadoras de chamas do tecido e funcionar como uma barreira física que previne a penetração do calor e dos gases. Tem potencial para prevenir a decomposição térmica do tecido e pode aumentar a resistência à abrasão e ruptura das fibras, podendo ser utilizada em Equipamentos de Proteção Individual (EPI) contra calor (HOHENSTEIN, 2015).

Outro exemplo é a Universidade Técnica de Muni- que, na Alemanha, onde uma equipe de físicos está usando as propriedades especiais do grafeno para produzir elementos-chave de uma retina artificial (CUTHBERTSON, 2014).

Os implantes de retina trabalham pela conversão da luz incidente em impulsos elétricos que podem ser enviados para o cérebro por meio do nervo ópti- co. No cérebro, os sinais são então convertidos em imagens, permitindo que pessoas cegas possam ver (CUTHBERTSON, 2014).

Esses implantes de retina foram desenvolvidos des- de 2013, quase sempre sem sucesso, devido ao mate- rial ser rejeitado pelo organismo. Porém o grafeno é significativamente mais biocompatível em comparação com os materiais tradicionais, devido à sua flexibilidade e durabilidade química (CUTHBERTSON, 2014).

Os pesquisadores foram admitidos em um programa que financia estudos sobre grafeno da União Europeia que conta com um orçamento total de € 1 bilhão e tem como objetivo que o grafeno esteja presente nos laboratórios acadêmicos na sociedade europeia no espaço de dez anos, gerando crescimento econômico, novos empregos e novas oportunidades tanto para os europeus como para os investidores (CUTHBERTSON, 2014).

Outro setor agraciado pelo grafeno veio com o surgimento da empresa Zap & Go. A empresa está sediada na Universidade de Oxford no Reino Unido e tem como fundador e inventor o empreendedor Stephen Voller C.Eng. O ponto de partida para a invenção do produto veio da observação de Stephen, que, ao viajar a negócios, via muitas pessoas se sentarem próximas a tomadas carregar seus celulares. Isso acontece com frequência em aeroportos, metrô, eventos e sempre que pessoas se reúnem. Com a evolução da tecnologia para a fabricação de celulares, são desenvolvidos aparelhos com maior espaço no interior do dispositivo para uma bateria maior, de modo que o tempo de conversação ou o tempo de utilização da bateria seja maior, porém, isso reflete no aumento do tempo de recarga da bateria (ZAP; GO, 2015).

Devido à agilidade com que as pessoas querem seus aparelhos recarregados, a empresa desenvolveu um carregador que pode ser utilizado em qualquer celular ou *tablet* com porta *Universal Serial Bus* (USB) padrão que recarrega a bateria do celular em 5 minutos. Ele utiliza um supercapacitor de grafeno, substituindo o alumínio que era usado, pois o grafeno pode ser encapsulado de forma pequena, é leve e apresenta baixo custo suficiente para ser transformado em um carregador de telefone a preços competitivos (ZAP; GO, 2015).

- América

Um exemplo é a Lockheed Martin, empresa sediada em Bethesda (Estados Unidos), e que atua primordialmente no setor de segurança e aeroespacial. Emprega

cerca de 112.000 pessoas no mundo e dedica-se a investigação, concepção, desenvolvimento, fabricação, integração e sustentação de tecnologias avançadas de sistemas, produtos e serviços (LOCKHEED, 2013).

A Lockheed Martin está trabalhando em uma solução para a dessalinização da água do mar por meio da patente do material Perforene, que é uma solução de filtração molecular projetada para atender à crescente demanda global por água potável. Essa membrana apresenta buracos com tamanho de um nanômetro ou menos em uma folha de grafeno. Eles são pequenos o suficiente para prender de sódio, cloro e outros íons a partir de água do mar, melhorando dramaticamente o fluxo de moléculas de água, reduzindo o entupimento e a pressão sobre a membrana. Além disso, devido à espessura, permite que a água flua 100 vezes melhor do que nos sistemas de osmose reversa, tornando-o mais eficaz na dessalinização com uma fração do custo (LOCKHEED, 2013).

A empresa está analisando outras aplicações para este material, como a separação de proteínas para o uso biofarmacêutico e a remoção de substâncias químicas e compostos da água utilizada em poços de petróleo e de gás (LOCKHEED, 2013).

Outro exemplo é a *Applied Graphene Materials*, fundada em 2010, pelo professor Karl Coleman, baseia suas operações e processos na tecnologia que ele inicialmente havia desenvolvido na Universidade de Durham, no Reino Unido (GRAPHENE, 2015).

Por meio de investimentos, companhia estabeleceu uma unidade para a produção de grafeno em pó em escala comercial, tendo capacidade para produzir um produto de alta pureza por meio de um processo contínuo. Esse processo é sustentável, pois não parte do grafite ou usa qualquer processo de oxidação durante a produção do grafeno. O resultado é um grafeno quase completamente livre das impurezas do grafite, óxido de grafeno ou metais de transição (GRAPHENE, 2015).

Pela pureza do material, há uma vasta possibilidade de aplicações, o que gerará produtos de alto valor agregado devido à tecnologia embarcada (GRAPHENE, 2015).

Já a IBM, conhecendo o mercado promissor do grafeno, desenvolveu um receptor de rádio frequência (RF) em que os canais dos transistores são feitos de grafeno, assim como um circuito integrado com um receptor de grafeno para comunicações sem fio (IBM, 2015). A empresa possui mais de 200 patentes registradas no *United States Patent and Trademark Office* relacionadas ao grafeno (USPTO, 2015).

- Ásia

Os pesquisadores do Instituto de Ciência e Tecnologia Gwangju na Coreia acreditam ter encontrado uma solução com base no grafeno para a necessidade dos veículos elétricos de baterias que suporte a recuperação e reutilização da energia que normalmente é desperdiçada quando os freios desaceleram o veículo. Eles construíram supercapacitores de alto desempenho de grafeno que armazenam quase tanta energia quanto uma bateria de íons de lítio. Elas podem carregar e descarregar em 16 segundos e manter o ciclo de carga por 10.000 vezes sem redução significativa da capacidade.

O truque que eles têm aperfeiçoado é de fazer com que uma forma altamente porosa de grafeno tenha uma enorme área de superfície interna. Eles criaram esta forma de grafeno, reduzindo partículas de óxido de grafeno com hidrazina em água agitada com ultrassom (MIT, 2013).

Com esses indicadores de desempenho, os cientistas acreditam que, com o avanço das pesquisas, os supercapacitores de armazenamento de energia podem ser ampliados para aplicação em veículos elétricos (MIT, 2013).

Já no Irã, com o aumento da incidência da diabetes, os pesquisadores da Universidade de Tecnologia de Amirkabir (Irã) projetaram um biosensor para de-

tectar uma quantidade muito pequena de glicose em uma amostra de urina. Além do alto poder de detecção, o sensor tem alta repetibilidade, é rápido e pode ser produzido por meio de um método simples e eficiente em termos de custo. O objetivo da pesquisa era produzir um biosensor com repetibilidade simples, adequado para a medição da glicose em seres humanos, e consequentemente, para diagnosticar a diabetes (IRAN, 2012).

Nesta pesquisa, uma combinação de nanopartículas de ouro-grafeno foi concebida sem a utilização de materiais poliméricos para separar nanoplaquetas de grafeno e reduzir a probabilidade de agregação que resulta em alta a sensibilidade do sensor. Em projetos semelhantes, os agentes de ligação iônica e poliméricos tinham sido utilizados. A utilização de materiais poliméricos resulta na redução da velocidade de resposta do sensor e da sua sensibilidade (IRAN, 2012).

A menor concentração de glicose que este sensor é capaz de detectar é de 0,06 micromolar e a incerteza nos resultados é menos do que 6% (IRAN, 2012).

Outro exemplo é a empresa *Qingdao Huagao Energy Technology*, foi fundada em 2012 com um capital social de 300 milhões de yuans, tendo como base a alta tecnologia para a elaboração e desenvolvimento de pesquisas com grafeno. A companhia se concentra em novos materiais, promove o processo de industrialização do grafeno, explora as aplicações do grafeno e de produtos derivados relacionados a bateria íon-lítio, semicondutor, supercapacitor, entre outros (QINGDAO, 2015).

A *Qingdao Huagao* desenvolveu um método para a preparação de uma única camada grafeno que está em fase de teste piloto. Quando este for concluído, será possível atingir uma produção anual de centenas de quilogramas de grafeno de alta qualidade. Com esses avanços, a produção de grafeno da empresa pode ser amplamente utilizada em muitas aplicações, como: condensadores, baterias íon-lítio, compósitos

para dissipação de calor, materiais de alta resistência e assim por diante. Além disso, a empresa produz grafeno em pó e óxido de grafeno (QINGDAO, 2015).

- Oceania

Um exemplo é a *Sleepyhead*, parte do grupo *The Comfort*, o maior fabricante de roupas de cama e espumas da região composta pela Austrália, Nova Zelândia, Nova Guiné e algumas ilhas menores da parte oriental da Indonésia. A empresa tem liderado o mercado em qualidade e valor por 80 anos e uma das razões é por ser uma empresa familiar estável. Outro fator importante é a paixão por produzir as melhores camas, não apenas da Nova Zelândia, mas do mundo (SLEEPYHEAD, 2015).

A empresa investe constantemente em pesquisa e desenvolvimento, o que resulta em inovações como a introdução do grafeno na espuma dos colchões da empresa. O grafeno é combinado ao material para produzir uma memória na espuma para proporcionar não só conforto, como também conduzir o calor para longe do corpo. Isso garante que o calor não fique preso no colchão e interrompa os padrões do sono (SLEEPYHEAD, 2015).

A empresa *Metals of Africa* (MTA) é situada na Austrália e a mesma foi fundada em 2012. Seu objetivo atual é explorar e fazer avanços nos projetos em Moçambique, Gabão e Tanzânia. A MTA tem um foco duplo em grafite e metais básicos (zinco, chumbo e cobre), estando atualmente focada em dois projetos: grafite em Moçambique e zinco no Gabão (MTA, 2015).

Este ano, a empresa conseguiu produzir óxido de grafeno e grafeno do grafite extraído do local que detém em Moçambique. Os testes feitos sugerem que o grafeno extraído possui baixo índice de defeito e que sua qualidade é comparável ao grafeno sintético (WAN, 2015).

A empresa *Kibaran Resources* é focada na exploração de áreas com alto potencial e ricas em grafite na Tanzânia e na África Oriental, para posterior transformação em grafeno. Apesar de secundário, a Kibaran também tem interesse na exploração de níquel sulfureto (KIBARAN, 2015).

A *Kibaran Resources* assinou um Memorando de Entendimento com o Grupo 3D para formar uma aliança estratégica para pesquisar as oportunidades de aplicação do grafite e do grafeno no crescente mercado de impressões 3D. Essa indústria está evoluindo rapidamente, obtendo um crescimento na previsão mercado de US\$ 3,8 bilhões em 2014 para US\$ 16,2 bilhões em 2018. Um dos principais desenvolvimentos em curso é a aplicação do grafeno no processo de impressão 3D. O grafeno por ser flexível e melhor na condução de eletricidade que o cobre, tem potencial de expandir significativamente as aplicações de impressão 3D, até mesmo dirigir uma nova revolução industrial (PROACTIVE, 2014).

A Kibaran está construindo depósitos na Tanzânia para se tornar um fornecedor estável e seguro de grafite em flocos naturais, pois os atributos-chave de mineralização da empresa são esses flocos de tamanho muito grosso, com alta cristalinidade e pureza, características adequadas para a produção de grafeno (PROACTIVE, 2014).

- África

Até o momento, não foram encontradas empresas que pesquisam, desenvolvam ou explorem os produtos a base de grafeno no continente africano. Como citado no tópico “Oceania”, existe empresas de outros continentes que exploram os recursos do continente africano, porém a tecnologia é australiana.

3.1.2 GRAFENO NO BRASIL

Apesar da nona posição ocupada pelo Brasil no ranking das maiores economias mundiais (SANTOS,

2015), a preocupação com o desenvolvimento de novas tecnologias acaba sendo deixada para trás, ante ao cenário político e social vivido pelo país. Porém, existem algumas iniciativas de universidades que tentam mudar essa história e inserir o país no cenário da tecnologia.

Adiante serão expostos exemplos nacionais de investimentos na inserção do grafeno para melhorar a qualidade dos produtos, materiais e da vida das pessoas.

Um exemplo é o MackGrafe, um Centro de Pesquisas Avançadas em Grafeno, Nanomateriais e Nanotecnologia que foi idealizado e teve o investimento da Universidade Presbiteriana Mackenzie. Suas atividades foram iniciadas em 2013, em São Paulo com uma verba inicial de aproximadamente US\$ 15 milhões, que inclui a construção de um novo prédio e a contratação de cientistas. Seu objetivo é sintetizar o grafeno, caracterizá-lo e desenvolver dispositivos, principalmente relacionados à fotônica (MACKGRAFE, 2015).

O MackGrafe é parceiro do Centro de Pesquisa em Grafeno da Universidade Nacional de Cingapura (GC-NUS), trabalhando de maneira complementar. Enquanto o GC-NUS é focado em nanoeletrônicos, o MackGrafe foca na fotônica e nas aplicações optoeletrônicas do grafeno (MACKGRAFE, 2015).

O reitor da Mackenzie constatou que os investimentos feitos no centro para o estudo do grafeno dariam muita visibilidade à universidade, que se interessa em integrar trabalhos de químicos, engenheiros de materiais e especialistas em dispositivos optoeletrônicos de telecomunicações (LEITE, 2013).

Já a Universidade Federal de Minas Geral (UFMG) sediou um evento internacional sobre grafeno em 2010 que reuniu especialistas na cidade de Belo Horizonte. O evento “International Graphene Conference – Graphene Brazil 2010” foi promovido pela Universidade de Boston (EUA) e pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) de Nanomateriais de Carbono e coordenado pela UFMG. Seu objetivo

principal era propiciar à comunidade científica brasileira a troca de informações sobre esse tema tão relevante (UFGM, 2010).

Além da parceria com os EUA no evento, a UFMG e a Universidade de Rice (Texas) publicaram os resultados da otimização do método de esfoliação do grafite com a utilização de micro-ondas para a produção do grafeno no artigo que resultou na capa da edição de maio da revista *Journal of Brazilian Chemical Society* (ARAÚJO, 2015).

A UFMG tem cerca de 30 pesquisadores dedicados a pesquisas na área do grafeno e a universidade vem testando o método *Chemical Vapor Deposition* (CVD) para produzir o grafeno em escala industrial. Por meio desta técnica, é possível produzir um vapor de átomos de carbono que, quando depositados sobre um substrato de cobre, forma uma película de grafeno em cima do cobre (PIERRO, 2013).

4 CONCLUSÃO

É possível afirmar que são muitos os benefícios que o grafeno, interligado com as nanotecnologias, gerará à humanidade, desde a formação de profissionais, desenvolvimento de novos produtos e processos, melhoria na qualidade de vida, materiais com novas propriedades até o desenvolvimento científico, tecnológico, econômico e social. Estes motivos tornam os estudos sobre as empresas nanotecnológicas tão relevante.

Em países como o Brasil, a exportação de commodities deve ser prioridade juntamente com os investimentos no desenvolvimento das tecnologias do futuro, como é o caso do grafeno e das nanotecnologias, que tem potencial para movimentar a economia, acelerar o crescimento do país e a intelectualidade dos cidadãos e profissionais. Isto é presenciado nos países desenvolvidos que visam a criação de programas para o aumento da competitividade e o desenvolvimento econômico.

As empresas apresentadas mostram o potencial que o grafeno tem no desenvolvimento de produtos que mudarão substancialmente diversos setores, como a nanoengenharia, eletrônica e medicina. Por meio dos dados apresentados pode-se relatar que em diversos países, tanto a busca pela produção em larga escala, como a inovação com o uso do grafeno se torna mais efetiva devido aos investimentos e a preocupação com o futuro existente tanto por parte do governo, como por parte das empresas e universidades.

O Brasil pode começar a investir na criação de produtos com o uso deste material promissor e se inserir nesta corrida. Atualmente, apenas universidades pesquisam soluções para a produção do grafeno em larga escala, o que acaba fazendo com que deixem de lado a criação dos produtos. As empresas brasileiras precisam observar que, em meio à crise, há uma oportunidade de crescimento ao se investir no material do futuro.

Para tanto, é preciso que haja uma interação maior entre as empresas e os centros de pesquisas e universidades, pois, além da motivação dos alunos por poderem vivenciar na prática o que é ensinado em sala de aula, ainda tornam maiores as chances de parcerias na criação de produtos.

REFERÊNCIAS

- ALIVISATOS, A. P. Menos é mais na medicina. **Scientific American Brasil**, edição especial, n.22, São Paulo, mar. 2004. p.74-81.
- ALVES, O. L. Nanotecnologias: elas já estão entre nós. **Revista Ciência e Cultura**, v.65, n.3, São Paulo, jul. 2013. p.22-23.
- APPLIED Graphene Materials. **Graphene powder**. Disponível em: <<http://www.appliedgraphenematerials.com/products/graphene-powder/>>. Acesso em: 22 set. 2015.
- ARAIA, Eduardo. Como Grafeno vai mudar sua vida. **Revista Planeta**, 472.ed., jan. 2012. Disponível em: <<http://revistaplaneta.terra.com.br/secao/ciencia/como-grafeno-vai-mudar-sua-vida>>. Acesso em: 14 out. 2014.
- ARAÚJO, Ana Rita. **Na corrida pelo grafeno**. 2015. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/boletim/bol1904/5.shtml>>. Acesso em: 28 out. 2015.
- BARBOSA, Cássio W. **Será o fim do silício?** Cientistas da IBM criam chip de grafeno. 2014. Disponível em: <<http://www.tecmundo.com.br/grafeno/49793-sera-o-fim-do-silicio-cientistas-da-ibm-criam-chip-de-grafeno.htm>>. Acesso em: 24 out. 2015.
- CUTHBERTSON, Anthony. **Graphene retinas could help give sight to the Blind**. 2014. Disponível em: <<http://www.ibtimes.co.uk/graphene-retinas-could-help-give-sight-blind-1460363>>. Acesso em: 10 jul. 2015.
- GEIM, A. K.; NOVOSELOV, K. S. The rise of graphene. **Nature Mater**, v.6, 2007. p.183-191.
- GEIM, A. K. Graphene: status and prospects. **Science**, v.324, 2009. p.1530 -1543.
- HOHENSTEIN Institute. **Press information**. 2015. Disponível em: <http://www.hohenstein.de/en/inline/pressrelease_91136.xhtml>. Acesso em: 31 maio 2015.
- IBM. **Super potential for super power**. Disponível em: <<https://www-03.ibm.com/press/uk/en/pressrelease/44363.wss>>. Acesso em: 5 nov. 2015.
- IRAN Nanotechnology Initiative Council. **Production of biosensor based on graphene-gold nanoparticles to detect glucose**. 2012. Disponível em: <http://www.nano.ir/index.php?ctrl=news&actn=news_view&id=48452&lang=2>. Acesso em: 2 set. 2015.
- KIBARAN Resources. **About graphite**. Disponível em: <<http://www.kibaranresources.com.au/irm/content/about-graphite.aspx?RID=276>>. Acesso em: 27 out. 2015.

LEITE, Marcelo. **Mackenzie investe R\$ 20 mil em centro de estudo de grafeno.** 2013. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cienciasaude/135890-mackenzie-investe-r-20-mi-em-centro-de-estudo-de-grafeno.shtml>>. Acesso em: 4 maio 2015.

LOCKHEED Martin. **Wanted:** Clean Drinking Water. 2013. Disponível em: <<http://www.lockheedmartin.com/us/mst/features/2013/130322-wanted-clean-drinking-water.html>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

MACKGRAFE Mackenzie. **Sobre.** Disponível em: <http://mackgraphe.mackenzie.br/mackgraphe_about.html?&L=1>. Acesso em: 4 maio 2015.

MIT Technology Review. **Graphene supercapacitors ready for electric vehicle energy storage, say korean engineers.** 2013. Disponível em: <<http://www.technologyreview.com/view/521651/graphene-supercapacitors-ready-for-electric-vehicle-energy-storage-say-korean-engineers/>>. Acesso em: 29 ago. 2015.

MTA. Company Overview & Strategy. Disponível em: <<http://metalsofafrica.com.au/index.php/company/company-overview-strategy/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

NOVOSELOV, K. S. *et al.* A roadmap for graphene. **Nature**, v.190, out. 2012. p.192-200.

ORCUTT, Mike. **O grafeno poderia tornar os centros de dados e supercomputadores mais eficientes.** 2013. Disponível em: <http://www.technologyreview.com.br/read_article.aspx?id=43964>. Acesso em: 15 out. 2014.

PIERRO, Bruno de. **O grafeno e seus desafios.** 2013. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/12/18/o-grafeno-e-seus-desafios/>>. Acesso em: 28 out. 2015.

POHLMANN, A. R.; GUTERRES, S. S. Fórum de Competitividade em Nanotecnologia - **Relatório GT marco regulatório**, ago. 2010. p.1. Disponível em:

<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivos/dwnl_1283535420.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2013.

PROACTIVE Investors. **Kibaran resources inks MOU for graphene use in 3D printing.** 2014. Disponível em: <<http://www.proactiveinvestors.com.au/companies/news/55821/kibaran-resources-inks-mou-for-graphene-use-in-3d-printing-55821.html>>. Acesso em: 28 out. 2015.

QINGDAO Huagao. **Company profile.** Disponível em: <<http://www.hgky.net/en/col.jsp?id=123>>. Acesso em: 20 jul. 2015.

SANTOS, Marcos. **Brasil vai cair 2 posições para 9ª maior economia, diz FMI.** 2015. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/economia/noticias/brasil-vai-cair-2-posicoes-para-9a-maior-economia-diz-fmi>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

SCHULZ, P. Nanotecnologia: uma história um pouco diferente. **Ciência de Hoje**, Rio de Janeiro, out. 2013. p.26-29.

SEERS, K.; PETERSEN, A.; BOWMAN, D. **The social and economic impacts of nanotechnologies:** a literature review. Disponível em: <http://www.innovation.gov.au/Industry/Nanotechnology/NationalEnablingTechnologiesStrategy/Documents/SocialandEconomicImpacts_LiteratureReview.pdf>. Acesso em: 19 fev. 2012.

SLEEPYHEAD. **Graphene.** Disponível em: <<https://www.sleepyhead.co.nz/why-sleepyhead/core-technologies/graphene>>. Acesso em: 26 jul. 2015.

THE University of MANCHESTER. **The story of graphene.** Disponível em: <<http://www.graphene.manchester.ac.uk/explore/the-story-of-graphene/>>. Acesso em: 2 mai. 2015.

UFMG. **Evento internacional sobre grafeno reúne especialistas em BH.** 2010. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/online/arquivos/017642.shtml>>. Acesso em: 10 out. 2015.

