

**NANOCIÊNCIA NA ENGENHARIA CIVIL:
UM ESTUDO EXPLORATÓRIO DO GRAFENO NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

*NANOCIENCE IN CIVIL ENGINEERING:
AN EXPLORATORY STUDY OF GRAPHEN IN CIVIL CONSTRUCTION*

Rafael Aparecido Rodrigues dos Santos; Vinicius Marcelino Bispo e Victor Tedeschi

SANTOS, Rafael Aparecido Rodrigues et al. Nanociencia na engenharia civil: um estudo exploratório do grafeno na construção civil. Revista Tecnológica da FATEC-PR, Edição Especial, p. 38-46, jan/dez, 2021.

RESUMO

A modificação da nanotecnologia e nanociência, que são demarcadas como a capacidade de gerar uma nova estrutura em menor escala, nesses últimos séculos tem trazido maiores consequências para áreas de engenharia, biologia e química, atingindo diretamente a área da construção civil. Desta forma, o presente estudo vem destacar a importância da nanotecnologia e nanociência para o setor de construção civil, visando os benefícios e os malefícios das principais características dessa inovação nesse ramo. Esta pesquisa foi desenvolvida com base em artigos científicos coletado em sites e bases de pesquisa, principalmente o Scielo, Periódicos da Capes e Google acadêmico. Foram lidos os artigos, e os pesquisadores avaliaram os artigos a serem utilizados.

Palavras Chave: Nanotecnologia. Grafeno. Construção Civil.

ABSTRACT

The modification of nanotechnology and nanoscience, which are demarcated as the capacity to generate a new structure on a smaller scale, in these last centuries has brought greater consequences for the areas of engineering, biology and chemistry, directly affecting the area of civil construction. Thus, the present study highlights the importance of nanotechnology and nanoscience for the civil construction sector, aiming at the benefits and harms of the main characteristics of this innovation in this field. This research was developed based on scientific articles collected on websites and research bases, mainly Scielo, Capes Journals and academic Google. The articles were read, and the researchers evaluated the articles to be used.

Keywords: Nanotechnology. Graphene. Construction.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil, sendo um dos setores mais ativos da economia brasileira, expressa um valor estratégico e socioeconômico para o desenvolvimento do país, tratando-se como um grande setor de importância, como prestadora de serviços e grande fornecedora de materiais industriais (FREJ; ALENCAR, 2010). Segundo Fonseca e Lima (2007) nos últimos séculos, o

setor da construção civil tem enfrentado as inovações tecnológicas e institucionais, que marcam todos os setores produtivos do Brasil.

Assim, na década de XX, uma nova área do conhecimento foi empregada, trazendo transformações nos setores tecnológicos e científicos. De maneira simplificada, cria-se a nanociência e nanotecnologia, que demonstra propriedades distintas, possibilitando a criação e desenvolvimento de novos materiais e novas oportunidades para vários setores (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013). No ramo da construção civil, a nanotecnologia merece destaque, pois, para melhorias nas propriedades mecânicas e físicas, elabora-se possibilidades de novos materiais (SILVA et al., 2017). Dentre os materiais, os mais expressivos e os mais utilizados são os nanotubos de carbono e o grafeno (ZARBIN; OLIVEIRA, 2013).

Desta forma, o presente estudo vem destacar a importância da nanotecnologia e nanociência para o setor de construção civil, visando os benefícios e os malefícios das principais características dessa inovação nesse ramo.

2 OBJETIVOS

Explorar e identificar fatores que contribuem para o êxito do grafeno no ramo da construção civil que visem a alta resistência das principais propriedades dos materiais desse ramo. Para tanto, serão abordados os seguintes assuntos: a) Demonstrar características e classificações do grafeno; b) Destacar a importância dos métodos de produção desse material; c) Ressaltar as aplicações deste material e d) Apontar como está sendo abordada no Brasil e no ramo da construção civil.

3 JUSTIFICATIVA

No atual contexto, a construção civil luta contra as inovações tecnológicas, que no último século, marcaram grandes avanços nos setores produtivos. Assim, essa evolução surge no século XX nas construções, sendo incorporadas preocupações e desenvolvimentos de um novo material, mesmo sendo apontada como uma indústria que resiste essas tecnologias. Desta forma, sendo de extrema importância, a análise de fatores que contribuem e impulsionam comportamentos e resultados do grafeno nesse ramo.

Com destaque na exploração de fatores que contribuem o grafeno na construção civil, aponta-se um grande problema custo-benefício, causada pela dificuldade de obter a matéria-prima e a intensa industrialização com o surgimento de novas tecnologias. Esse problema se caracteriza pela dificuldade de dispersão do grafeno, embora havendo conclusões positivas em relação às suas propriedades.

4 CARACTERÍSTICAS E CLASSIFICAÇÕES DO MATERIAL

A modificação da nanotecnologia e nanociência, que são demarcadas como a capacidade de gerar uma nova estrutura em menor escala, nesses últimos séculos tem trazido maiores consequências para áreas de engenharia, biologia e química, atingindo diretamente a área da construção civil (SILVESTRE; BRITO, 2015).

São criados nanocompósitos poliméricos formados por dois materiais, onde um desses materiais tem o diâmetro de 100 nm, demonstrando-se melhorias nas suas propriedades mecânicas, térmicas e físicas, simplificando processos e criando várias novas aplicações (NGUYEN et al., 2009). Para isso ocorrer, segundo Alexandre e Dubois (2000), esses nanocompósitos poliméricos dependem de como esses materiais estão espalhados na matriz, obtendo três tipos de configurações: intercalado, esfoliado e aglomerado. Essa classificação foi utilizada para representar a disseminação de nanoargilas, mas utilizada para óxido de grafeno, grafeno e entre outros materiais.

Porém, por terem áreas reduzidas, produzindo lugares de concentração de tensão e tendendo a debilitar o material, os aglomerados não são pretendidos. Deste modo, o objetivo é a esfoliação ou intercalação, pois terá uma maior área eficaz, aperfeiçoando uma relação material e matriz (ALEXANDRE; DUBOIS, 2000). Por isso, nas tentativas de minimizar problemas causados por propriedades nesses materiais, o grafeno tem demonstrado características para elevar a nanotecnologia para diversas áreas (RAFIEE et al., 2010).

Conforme Nguyel et al. (2009), o grafeno é o elemento estrutural de alótropos de carbono, que tem como propriedades alta tensão a rupturas, condutividade térmica, mobilidade de transmissão de cargas entre outras propriedades. O grafeno, comparado com outros materiais condutores de eletricidade, tem uma condutividade extremamente superior em temperatura ambiente e é considerado 200 vezes mais forte que o aço. Além disso, é excessivamente transparente e leve (NOVOSELOV et al., 2004). Conforme o mesmo autor, suas propriedades ópticas estão correlacionadas a sua estrutura eletrônica que obtêm níveis baixo de energia, podendo absorver frações de 2,3% da luz. Segundo WU et al. (2009) é o material mais resistente já medido no mundo, tendo uma elevada resistência intrínseca e seu módulo de Young superior.

5 MÉTODOS PRODUÇÃO GRAFENO

Para obtenção desse material, a microesfoliação química, microesfoliação mecânica do grafite e deposição química a vapor são os únicos métodos a baixo custo para obter grafeno em pequenas e altas quantidades (WU et al., 2009).

5.1 MICROESFOLIAÇÃO MECÂNICA

Esse processo de Microesfoliação mecânica é insuficiente para remoção em grande escala de camadas de um cristal de grafite (SOLDANO et al., 2010). De acordo com Novoselov

et al. (2004), o grafeno foi alcançado em camadas pequenas de 1 mm de espessura de grafite pirolítico, por separação mecânica de folhas de grafeno, excessivamente orientado.

Antes de tudo, foi utilizado plataformas de 5 μm de profundidade no topo das plaquetas de grafite pirolítico usando ataques químicos em plasma de oxigênio. Assim, para colar as plataformas à camada fotorresistente, a superfície das plataformas foi pressionada contra uma camada fotoresistivo de 1 μm de espessura sobre um vidro. Em seguida, foi realizada uma descamação de flocos de grafite, permitindo ser capturados pela superfície de óxido de silício (NOVOSELOV et al., 2004). Observou-se assim, a equivalência de um semimetal bidimensional com uma pequena coincidência entre a condução e as bandas de valência, produzindo amostras de grafeno sem defeitos de cristal (NOVOSELOV et al., 2004).

Segundo Soldano et al. (2010), a escolha da localização da deposição do grafeno é a maior vantagem desse processo, sendo depositadas em um substrato de óxido de 300 ou 90 μm . Por outro lado, resíduos de cola da fita adesiva podem ser deixados nas amostras, assim se torna a maior desvantagem desse processo, pois é essencial a realização de um tratamento térmico de redução para remoção dos sedimentos orgânicos.

5.2 MICROESFOLIAÇÃO QUÍMICA

Com a inserção de reagentes, a microesfoliação química produz o material, quebrando a força de Van der Waals. A aplicação desses reagentes proporciona uma formação de gases ocasionando a ruptura parcial da configuração carbono-carbono, gerando uma menor estabilidade (SOLDANO et al., 2010).

Segundo o mesmo autor, a obtenção do óxido de grafite é a imersão em uma mistura de permanganato de potássio, nitrato de sódio e ácido sulfúrico a 45°C por 2 horas. Dependendo do teor da água em solução, os espaçamentos entre as camadas, chega em cerca de 0,70 nm, resultando uma mistura indefinida de grafeno e óxido de grafeno.

A desvantagem desta produção é a transformação química na estrutura do grafite, demonstrando diversas propriedades eletrônicas comparando com as demais etapas, precisando realizar tratamentos de redução para readquirir as propriedades do grafeno (SOLDANO et al., 2010).

5.3 DEPOSIÇÃO QUÍMICA A VAPOR

Este método é conhecido justamente pela aquisição do grafeno sobre resíduos sólidos. Pode ocorrer dois processos, a decomposição térmica de carbetos ou o desenvolvimento é sustentado em substratos metálicos por deposição química a vapor (SOLDANO et al., 2010). De acordo com o mesmo autor, esse método é capaz de gerar uma produção em larga escala de grafeno, oferecendo uma alternativa atraente, pois, produz dispositivos de alto desempenho

e é um método de baixo custo.

6 PRINCIPAIS APLICAÇÕES NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A nanotecnologia está ocorrente no ramo da construção civil com o intuito de modificar propriedades, originando estruturas mais leves e resistente (NETO, 2013).

Conforme Novoselov et al. (2004), as aplicações do grafeno representam uma classe teórica de novos materiais. A sua aplicação na indústria da construção civil, estabelece uma definição como um agregado ao concreto, para reduzir patologias que atuam nas obras (NETO, 2013).

No setor da construção civil, essas tecnologias não evoluem como em outras áreas industriais, com a inovação de procedimentos e produtos pode-se assimilar uma futura tendência (MORAIS, 2012).

Segundo Rocha (2015), com o descobrimento desse novo material, o grafeno por causa das suas propriedades vem gerando grandes pesquisas, elevando o material de laboratório à escala industrial.

6.1 CIMENTO

Pelo agravamento de problemas ambientais, o cimento é o material mais utilizado na construção civil, sendo assim, surgiu um trabalho mais efetivo. Com o grafeno na sua composição, os trabalhos publicados demonstram uma funcionalidade especial, testando métodos novos com métodos padronizados (MARCONDES et al., 2011).

Em conformidade com Andrade e Terence (2017), a utilização do grafeno proporciona nas construções caracterizar uma adequada resistência à compressão e aparentemente uma leveza, demonstrando uma elevação no setor de segurança à obra.

O enorme triunfo através da ação microestrutural, os nanomateriais foram alternativas descobertas para acréscimo na rigidez mecânica dos itens cimentícios, estendendo em 50% sua resistência (DUARTE, 2015).

6.2 RESTAURAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

Para impossibilitar novas irregularidades, a utilização da nanotecnologia vem crescendo, com a finalidade de aumentar a vida útil das edificações, mantendo algumas peculiaridades originais (ANDRADE; TERENCE., 2017).

Segundo Duarte (2015), com o objetivo de proteção de ações mecânicas e químicas, os produtos de acabamentos possuem características funcionais, assim acrescentou óxido de grafeno no cal, elevando as propriedades antivegetativas e anticorrosivas, porém não obtendo

um resultado positivo quanto à vedações.

Em argamassas houve acréscimo na sua aderência e resistência à tração, no entanto com um processo excessivamente elevado, por ser um método integralmente industrializado e uma composição desconhecida, dado que os fabricantes não revelam composições (DUARTE, 2015).

7 O GRAFENO NO BRASIL

De acordo com Moraes (2012), a indústria da construção civil teve que atender às melhorias na modernização tecnológica, inovações tecnológicas e melhorias no produto final, buscando o menor custo, maior resistência e durabilidade dos materiais.

Assim, a área de nanotecnologia vivenciou um crescimento no Brasil, que são comprovados com os números de grupos de pesquisas, pesquisadores e artigos. Dos 948.444 artigos no Web of Science, procedente pela palavra-chave “nano” (junho/2013), 10.096 tem autoria de brasileiros. Esse mesmo site lista 400 trabalhos sobre o grafeno tendo no Brasil. (ZARBIN; OLIVEIRA., 2013).

Segundo o mesmo autor, o Brasil com diversos grupos respeitáveis e reconhecidos, incontestavelmente faz parte do mapa global da pesquisa em nanotubos de carbono e grafeno.

8 CONCLUSÃO

Como foi acentuado no texto, o grafeno é um alótropo de carbono e vem transformando a nanotecnologia com suas propriedades mecânicas e elétricas grandiosos. Desta maneira, o atual trabalho procurou mostrar as vantagens do nanomaterial grafeno na indústria da construção civil.

Conclui-se para esse setor, procedimentos que precisam ser examinados, pois necessitam da transição do grafeno para um substrato próprio, o que diminui a eficiência da sua caracterização. É importante demonstrar que os benefícios alcançados com esse material, existem barreiras que ainda devem ser superadas, como o fator cultural das pessoas envolvidas nesse processo e a evolução dos métodos.

Por outro lado, a aplicação do grafeno só traz vantagens, sejam mecânicas ou químicas. Também comprovou que o Brasil é um dos principais países que estudam essa nanotecnologia. Mesmo assim, devem-se encontrar medidas para conter o alto custo dessa tecnologia, pois atualmente seus estudos são extremamente ilimitados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, M.; DUBOIS, P. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials. **Materials Science and Engineering: R: Reports**, v. 28, n. 1/2, p. 1-63, jun. 2000. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0927-796X\(00\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0927-796X(00)00012-7) . Acesso em: 01 mai. 2020.

ANDRADE, C.; TERENCE, M. C. Óxido de grafeno agregado ao concreto. Xii Jornada de Iniciação Científica, 2017, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2017. p. 1-15.

DUARTE, F. M. E. S. **Influência da adição de óxido de grafeno em produtos de acabamento de cal para revestimento de paredes**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/16396>. Acesso em: 18 jun. 2020.

FONSECA, E. D.; LIMA, F. P. A. Novas tecnologias construtivas e acidentes na construção civil: o caso da introdução de um novo sistema de escoramento de formas de laje. **Revista Brasileira Saúde Ocupacional**, São Paulo, v. 32, n. 115, p. 53-67, jan./jun. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0303-76572007000100006>. Acesso em: 01 mai. 2020.

FREJ, T. A.; ALENCAR, L. H. Fatores de sucesso no gerenciamento de múltiplos projetos na construção civil em Recife. **Produção**, São Paulo, v. 20, n. 3, p. 322- 334, jul./set. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132010005000043>. Acesso em: 02 mai. 2020.

MARCONDES, C. G. N.; BORBA, A. P. B.; MEDEIROS, M. H. F. Nanotubos de Carbono (NTC) na tecnologia do concreto: uma revolução possível. **Revista Concreto e Construção**. n. 62. São Paulo, 2011. Disponível em: <http://ibracon.org.br>. Acesso em: 17 jun. 2020.

MORAIS, J. F. **Aplicações da nanotecnologia na indústria da construção: análise experimental em produtos cimentícios com nanotubos de carbono**. 2012. 187 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Fluminense. Rio de Janeiro, Niterói, 2012. Disponível em: http://icex.sites.uff.br/wp-content/uploads/sites/461/2018/10/microsoft_word_tese_doutorado_revisao_finaljorg_e.pdf. Acesso: 18 jun. 2020.

NETO, E. R. Aspectos relevantes da nanotecnologia e a sua aplicação na construção civil. **IPOG**

– **Revista Especialize Online**, Aracaju, v. 1, n. 006, p.1-19, dez. 2013.

NGUYEN, D. A.; LEE, Y. R.; RAGHU, A. V.; JEONG, H. M.; SHIN, C. M.; KIM, B.

K. Morphological and physical properties of a thermoplastic polyurethane reinforced with functionalized graphene sheet. **Polymer International**, v. 58, n. 4, p. 412-417, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/pi.2549>. Acesso: 01 mai. 2020.

NOVOSELOV, K. S.; GEIM, A. K.; MOROZOV, S. V.; JIANG, D.; ZHANG, Y.; DUBONOS, S. V.; GRIGORIEVA, I. V.; FIRSOV, A. A. Electric Field Effect in Atomically Thin Carbon Films. **Science**, v. 306, n. 5696, p. 666–669, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1102896>. Acesso: 01 mai. 2020.

RAFIEE, M. A.; LU, W.; THOMAS, A. V.; ZANDIATASHBAR, A.; RAFIEE, J.; TOUR, J. M.; KORATKAR, N. A. Graphene Nanoribbon Composites. **ACS Nano**, v. 4, n. 12, p. 7415–7420, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/nn102529n>. Acesso: 01 mai. 2020.

ROCHA, J. P. G. **Grafeno como fonte renovável de energia renovável**: um estudo prospectivo. 68 f. Monografia de graduação (Graduação em Bacharel em Administração) - Universidade de Brasília, Distrito Federal. 2015.

SILVA, R. A.; GUETTI, P. C.; LUZ, M. S.; ROUXINOL, F.; GELAMO, R. V. Enhanced properties of cement mortars with multilayer graphene nanoparticles. **Construction and Building Materials**, v. 149, p. 378-385, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.05.146>. Acesso em: 01 mai. 2020.

SILVESTRE, J.; SILVESTRE, N.; BRITO, J. Review on concrete nanotechnology. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**, v. 20, n. 4, p. 455- 485, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/19648189.2015.1042070>. Acesso em: 01 mai. 2020.

SOLDANO, C.; MAHMOOD, A; DUJARDIN, E. Production, properties and potencial of graphene. **Carbon**, v. 48, n. 8, p. 2127-2150, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2010.01.058>. Acesso em: 17 jun. 2020.

WU, Z. S.; REN, W.; GAO, L.; LIU, B.; JIANG, C.; CHENG, H. M. Synthesis of high-quality graphene with a pre-determined number of layers. **Carbon**, v. 47, n. 2, p. 493-499, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2008.10.031>. Acesso em: 01 mai. 2020.

ZARBIN, A. J. G.; OLIVEIRA, M. M. Nanoestruturas de carbono (nanotubos, grafeno): Quo Vadis? **Química Nova**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 1533-1539, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422013001000009>. Acesso em: 01 mai. 2020.