

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

NANOSCIENCE IN CIVIL ENGINEERING AN EXPLORATORY STUDY OF GRAPHENE IN CONSTRUCTION

Rafael Aparecido Rodrigues dos Santos

Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba
(UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: rafael68903@unifatecpr.com.br

Vinicius Moraes Marcelino Bispo

Bacharelado em Engenharia Civil pelo Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba
(UNIFATEC)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: vinicius04840@unifatecpr.com.br

Victor Hugo Pancera Tedeschi

Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Gestão da Informação pela Universidade
Federal do Paraná (UFPR)

Instituição: Centro Universitário de Tecnologia de Curitiba (UNIFATEC)

Endereço: R. Itacolomi, 450, Portão, Curitiba - PR, CEP: 81070-150

E-mail: victor.tedeschi@unifatecpr.com.br

RESUMO

Este artigo explora a importância do grafeno na indústria da construção, focando em suas propriedades mecânicas e elétricas. O setor da construção, uma parte crucial da economia brasileira, testemunhou inovações tecnológicas e institucionais ao longo dos últimos séculos. No século XX, surgiram a nanociência e a nanotecnologia, introduzindo o potencial de criar novos materiais, com o grafeno e os nanotubos de carbono sendo alguns dos mais significativos. O estudo tem como objetivo identificar os fatores que contribuem para o sucesso do grafeno na indústria da construção, enfatizando suas aplicações e examinando os desafios e benefícios. A metodologia de pesquisa envolve a coleta de artigos científicos de fontes como Scielo, Periódicos da Capes e Google Scholar. O artigo discute as características e classificações do grafeno, destacando suas propriedades únicas, como alta resistência à tração, condutividade térmica e transparência. Os métodos de produção, incluindo esfoliação mecânica, esfoliação química e deposição química a vapor, são explorados. As aplicações potenciais do grafeno na construção, especialmente em cimento e restauração de edifícios, são detalhadas, mostrando sua capacidade de aprimorar a resistência e durabilidade dos materiais. O estudo enfatiza a importância do grafeno em lidar com preocupações ambientais associadas à produção de cimento. Além disso, examina o papel do grafeno na restauração de edifícios, com foco em suas características funcionais. O artigo conclui reconhecendo os desafios, como resistência cultural e métodos em evolução, e destaca o papel ativo do Brasil na pesquisa sobre grafeno, apesar dos altos custos associados a essa tecnologia.

Palavras-chave: Grafeno, Construção civil, Nanotecnologia, Propriedades mecânicas.

ABSTRACT

This article explores the significance of graphene in the construction industry, focusing on its mechanical and electrical properties. The construction sector, a crucial part of the Brazilian economy, has witnessed technological and institutional innovations over the last centuries. In the 20th century, nanoscience and nanotechnology emerged, introducing the potential for creating new materials, with graphene and carbon nanotubes being among the most significant. The study aims to identify factors contributing to graphene's success in the construction industry, emphasizing its applications and examining the challenges and benefits. The research methodology involves gathering scientific articles from sources like Scielo, Capes Journals, and Google Scholar. The article discusses the characteristics and classifications of graphene, highlighting its unique properties, such as high tensile strength, thermal conductivity, and transparency. The production methods, including mechanical exfoliation, chemical exfoliation, and chemical vapor deposition, are explored. The potential applications of graphene in construction, particularly in cement and building restoration, are detailed, showcasing its ability to enhance material strength and durability. The study emphasizes the importance of graphene in addressing environmental concerns associated with cement production. Furthermore, it examines graphene's role in the restoration of buildings, focusing on its functional characteristics. The article concludes by acknowledging the challenges, such as cultural resistance and evolving methods, and highlights Brazil's active role in graphene research, despite the high costs associated with this technology.

Keywords: Graphene, Construction industry, Nanotechnology, Mechanical properties.

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.

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.

O trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro capítulo foi feito uma contextualização, como sua classificação e definições, sobre o grafeno.

O capítulo dois analisa a importância e quais métodos de produção são utilizadas dessa nova tecnologia, demonstrando seus principais formas de realizações. O capítulo três ressalta as aplicações do grafeno.

No capítulo quatro apresenta a importância e a necessidade do avanço desse material no Brasil e no ramo da construção civil. O capítulo cinco exhibe as principais conclusões a que se chegaram com elaboração dos capítulos anteriores.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

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.

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- a) Demonstrar características e classificações do grafeno;
- b) Destacar a importância dos métodos de produção desse material;
- c) Ressaltar as aplicações deste material;
- d) Apontar como está sendo abordada no Brasil e no ramo da construção civil.

3 JUSTIFICATIVA

3.1 JUSTIFICATIVA TEÓRICA

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 em 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.

3.2 JUSTIFICATIVA PRÁTICA

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).

Descoberto por pesquisadores da Universidade de Manchester Konstantin Novoselov em conjunto com Andre Geim em 2004, o grafeno desempenhou o Prêmio Nobel de Física em 2010 à eles. Compõe-se de uma camada de átomos de carbono, alinhados com átomos hibridizados no formato de sp^2 em células hexagonais, tornando em diversas finalidades um material vantajoso (NOVOSELOV et al., 2004).

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 baixos 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 realizado 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 pode ser deixado 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 da 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 chegam 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 a 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 na 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, existe barreiras que ainda deve ser superada, como o fator cultural das pessoas envolvidas nesse processo e a evolução dos métodos.

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

REFERÊNCIAS

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.