

Os benefícios da utilização do grafeno na construção civil

The benefits of using graphene in civil construction

Los beneficios de usar grafeno en la construcción civil

Recebido: 28/02/2023 | Revisado: 18/03/2023 | Aceitado: 20/03/2023 | Publicado: 25/03/2023

Francisco Luciano Alves Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8968-5154>
Centro Universitário Maurício de Nassau, Brasil
E-mail: luciano46alves@gmail.com

Thiciane Maria Freitas Brito

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7722-6984>
Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: thiciane.quim@gmail.com

Laudimir Leonardo Walbert Veloso da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7116-6815>
Universidade Estadual do Maranhão, Brasil
E-mail: laudimirsilva@gmail.com

Márcia Maria Vasconcelos de Oliveira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9705-8078>
Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: marciavasconcelosmaria@gmail.com

Emily Maria Sousa Santos

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6210-5129>
Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: emily.ifpi@gmail.com

Roméio Alves Carvalho da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8156-2037>
Instituto Federal do Piauí, Brasil
E-mail: romezioac@gmail.com

Resumo

Este artigo tem como objetivo alinhar os benefícios do uso do grafeno para a construção civil e mostrar possíveis métodos de uso em compósitos, com a finalidade de elevar os métodos construtivos atuais para uma nova fase de produção, maleabilidade, aplicabilidade e resistência. Por ser uma estrutura composta por átomos de carbono organizados em arranjo hexagonal com uma camada microscopicamente fina, o grafeno possui excelentes propriedades elétricas, térmicas, físico-químicas, mecânicas e ópticas, conferindo ao grafeno um enorme potencial para novos métodos tecnológicos em praticamente quase todas as áreas materiais. O grafeno tem uma grande capacidade de uso para melhorar o desempenho em compósitos em geral, despertando assim um grande interesse na comunidade científica mundial no desenvolvimento de métodos para produção em massa de grafeno. Neste artigo, algumas técnicas de produção de grafeno foram abordadas a fim de mostrar suas aplicações tecnológicas para a construção civil a partir de estudos de trabalhos científicos, bancos de documentos de patentes e grupos de pesquisa registrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Palavras-chave: Grafeno; Compostos de grafeno; Construção civil.

Abstract

This article aims to align the benefits of using graphene for civil construction and show possible methods of use in composites, with the purpose of elevating the current construction methods to a new phase of production, malleability, applicability and resistance. Because it is a structure made up of carbon atoms organized in a hexagonal arrangement with a microscopically thin layer, graphene has excellent electrical, thermal, physical-chemical, mechanical and optical properties, giving graphene a huge potential for new technological methods in virtually almost all materials. Graphene has a great capacity to use to improve performance in composites in general, thereby arousing a great interest in the world scientific community in the development of methods for mass production of graphene. In this article, some graphene production techniques were addressed in order to show their technological applications for civil construction based on studies of scientific works, banks of patent documents and research groups registered with the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

Keywords: Graphene; Graphene composites; Civil construction.

Resumen

Este artículo tiene como objetivo alinear los beneficios del uso del grafeno para la construcción civil y mostrar posibles métodos de uso en materiales compuestos, con el fin de elevar los métodos de construcción actuales a una nueva fase de producción, maleabilidad, aplicabilidad y resistencia. Por ser una estructura compuesta por átomos de carbono dispuestos en disposición hexagonal con una capa microscópicamente delgada, el grafeno tiene excelentes propiedades eléctricas, térmicas, fisicoquímicas, mecánicas y ópticas, lo que otorga al grafeno un enorme potencial para nuevos métodos tecnológicos en prácticamente todas las áreas materiales. El grafeno tiene una gran capacidad para ser utilizado para mejorar el rendimiento de los composites en general, despertando así un gran interés en la comunidad científica mundial en el desarrollo de métodos para la producción masiva de grafeno. En este artículo se discutieron algunas técnicas de producción de grafeno con el fin de mostrar sus aplicaciones tecnológicas para la construcción civil a partir de estudios de trabajos científicos, bancos de documentos de patentes y grupos de investigación registrados en el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).

Palabras clave: Grafeno; Compuestos de grafeno; Construcción civil.

1. Introdução

O crescimento econômico e a construção civil estão estreitamente relacionados, com isso, a indústria da construção recia incrementos com uma grande aptidão para ampliar a evolução econômica, sobretudo, pela conformidade da estimativa total das atividades e pelos efeitos positivos de multiplicador de receita e correlação estrutural (Teixeira, 2010). Para tanto, analisa-se que, no Japão, a construção civil seja motivadora do consumo de 50% da matéria bruta, já nos EUA corresponde a 75% da totalidade de materiais. Nesse sentido, os estudos indicam que na União Europeia as construções utilizam cerca de 40% da energia, sendo causadores de 30% das emissões de CO₂, e geram cerca de 40% dos resíduos resultantes da influência humana (Mateus, 2009).

Consoante a isso, cabe apontar que pesquisas comprovam que o consumo de cimento é superior em comparação ao consumo de concreto, bem como o de alimento, ficando somente atrás do consumo de água, visto que, para cada vida humana, são produzidos 499 quilos de entulho, o que equivale a 3,3 milhões de toneladas todos os anos (Gasques, 2014).

A Indústria de Materiais de Construção é um importante setor que compõe a cadeia produtiva, sendo ela considerada um dos mais importantes setores, já que abrange desde atividades de pequenas edificações a grandes obras de infraestruturas (Costa e Nascimento, 2011). Considerando tal fato, alguns outros importantes setores envolvem comércio atacadista e varejista, bens e serviços, imobiliário e de segurança. Com tais afirmações, vale destacar que existe uma crescente preocupação em melhorar o comportamento físico e mecânico, e a vida útil dos materiais, tal fator baseia-se em problemas ambientais pela falta de meios sustentáveis, além de problemas econômicos e de pesquisa (Hovde, 2002).

Cada um dos materiais utilizados na construção civil tem a sua própria cadeia de produção, o que contribui para os diferentes padrões de segmentos de criação e de concorrência. Diante disso, o mercado de materiais é constituído por grandes empresas de capital intensivo e produtividade elevada de materiais, como por exemplo, cimento e aço, que coexistem com outros, em que os produtos fornecidos pela empresa passam por um processo de produção ainda baseado em sistemas e métodos ultrapassados (Costa, 2017). Dada a necessidade de mitigar os novos tipos de materiais para componentes da construção civil, é de suma importância o investimento em pesquisas a propor meios de extrações eficientes (Agopyan et al., 2011).

Há uma variedade de materiais inovadores produzidos no setor da construção civil que contribui para o aumento em vários aspectos técnicos e organizacionais no setor, correlacionando as atividades para uma maior qualidade e reduzindo os desperdícios (Heineck et al., 2000). É importante frisar, ainda, que as empresas que fornecem entrada para a indústria da construção têm consumido cada vez mais recursos naturais do planeta, além disso, os resíduos obtidos por meio desta atividade são fornecidos exclusivamente pelo ambiente em que estão localizados, posteriormente modificados por seres humanos para melhorar as necessidades tecnológicas, ocasionando assim o desenvolvimento econômico de uma região (Karpinski et al., 2009).

Com a enorme demanda no passar dos anos em melhorar o aprimoramento de materiais, a nanotecnologia veio para

transformar o mundo da ciência, proporcionando muita expectativa a este setor que tem como aliado a diversificação de materiais. O objetivo principal dela é, além de transformar, criar novos produtos e processos ligados diretamente à crescente capacidade da tecnologia moderna de manipular átomos e moléculas. Para tanto, os setores de aplicação dessa ciência incluem praticamente todas as áreas de serviço industriais (Araujo Júnior et al., 2005).

As pesquisas com a nanotecnologia englobam a criação e a construção de novas estruturas a partir dos átomos, como por exemplo, a criação de grafeno. Grafeno são átomos de carbono compactados em uma folha plana com uma grade de duas dimensões e espessura de um único átomo, compilados em uma estrutura cristalina hexagonal (Alves et al., 2022). Atualmente, no meio científico, encontra-se uma grande variedade de técnicas e ferramentas disponíveis para a criação e amplificação da capacidade de manipulação de átomos e moléculas nas dimensões, quantidades e combinações desejadas, tais como a espectroscopia, o espalhamento de luz visível e a microscopia eletrônica de alta resolução (Araujo, Lobato e Pedreira, 2018).

A proposta geral deste trabalho tem como objetivo analisar os métodos utilizados na junção do grafeno a outros materiais, a fim de mostrar suas principais vantagens na construção civil e, dessa forma, questionar-se sobre o porquê da falta de incentivo às pesquisas nesse âmbito no Brasil. Consoante a isso, também tem como objetivo específico refletir sobre de que forma o grafeno pode vir a ser extremamente benéfico na construção civil e, a partir dessa premissa, enfatizar os métodos de aplicação, exemplificar os principais materiais e externar suas vantagens e os impactos desses materiais para o mercado da construção.

Os nanotubos de carbono e os grafenos possuem propriedades mecânicas, eletrônicas, óticas e químicas únicas e têm se mostrado interessantes para muitas aplicações, dentre elas, o elevado potencial destes materiais para aplicações em medicina, tais como: biossensores, engenharia de tecidos e *drug-delivery* (Figueiredo et al., 2022). O grafeno também apresenta aplicações na agricultura, pode ser usado como estimulador de crescimento vegetal, componente de fertilizantes, agente antifúngico e antibacteriano para pesticidas e inseticida, além de ser considerado um material renovável, pois independe de reservas naturais para serem produzidas (May et al., 2021).

Desse modo, o trabalho se justifica pela necessidade em externar os benefícios do grafeno, pesquisas e metodologias que abordam a junção de nanotecnologia à construção civil ao âmbito da sociedade, e com isso, efetivar meios produtivos no mercado a fim de melhorar os meios de produção e materiais na construção civil. Logo, o presente tema se faz relevante para os pesquisadores do meio acadêmico da engenharia, bem como para megaempresas que tenham interesses tecnológicos de produção com nanotecnologia.

2. Metodologia

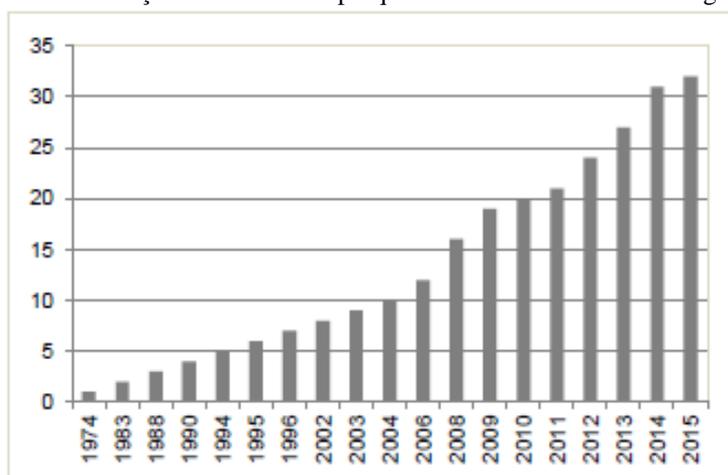
O percurso metodológico utilizado no trabalho constitui uma revisão bibliográfica documental de caráter analítico e qualitativo do tipo revisão integrativa, que busca reunir o conhecimento desde a primeira pesquisa sobre o grafeno até a mais recente com suas aplicações na engenharia civil. Esta constatação se deu pelo número crescente de publicações na área, viabilizando um olhar holístico sobre as diferentes metodologias e aplicações que completam o conhecimento sobre o grafeno. A coleta dos dados foi realizada utilizando como base métodos bibliográficos, estudos de trabalhos científicos, artigos, monografias, bancos de documentos de patentes e grupos de pesquisa cadastrados no Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) no período de junho/2021 a novembro/2021, que envolveram os pressupostos a respeito de pesquisas da área de nanotecnologia, grafeno, engenharia e construção civil. Para a busca das obras foram utilizadas as palavras-chaves presentes os descritores em inglês: "nanomaterials", "civil engineering", "Graphene compounds", "graphene", "nanotubes", "applications" e em português: "nanomateriais", "engenharia civil", "compostos de grafeno", "grafeno", "nanotubos", "aplicações".

3. Resultados e Discussão

A nanotecnologia tem cada vez mais alcançando o seu espaço nas mais diversas áreas, em especial na ciência e tecnologia. Nas próximas décadas, os nanomateriais vão desempenhar um papel extremamente fundamental para o amplo aspecto de setores como o da indústria da construção civil, química, eletrônica, química e saúde (Cabral, 2017).

Foi possível fazer uma análise a respeito da evolução de criações na linha de pesquisa do país. Nesse sentido, por meio da Figura 1, observa-se um aumento na linha de pesquisas associadas ao grafeno, desde os primeiros anos de estudos, em 1974, até o ano de 2015. Todas essas pesquisas possuem trabalhos que abrangem desde a iniciativa científica até trabalhos de doutorado (Segundo & Vilar, 2016; CNPQ, 2016).

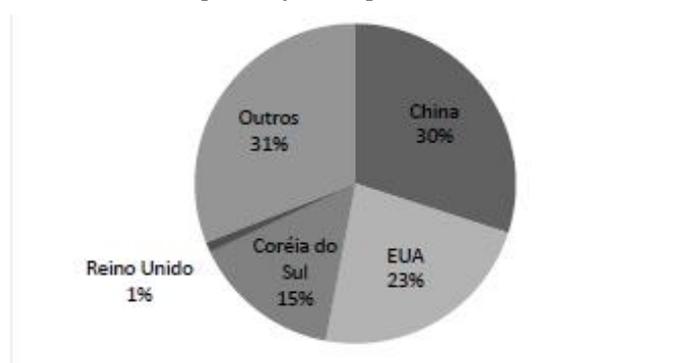
Figura 1 - Evolução do número de pesquisas no Brasil associadas ao grafeno.



Fonte: Autores.

É notável a crescente quantidade de pesquisas no Brasil a respeito de grafeno desde 1974 a 2015 nas mais diversas áreas e a tendência é o aumento dessas pesquisas nos próximos anos. Apesar do aumento no número de Universidades que possuem grupos com linha de pesquisas em nanotecnologia e grafeno, e das publicações dos últimos anos, considera-se que as pesquisas são recentes, e ainda pouco exploradas e distribuídas no país, ocasionando uma fuga de acervos científicos para instituições internacionais, fazendo com que estas liderem a quantidade de publicações e depósitos de patentes relacionadas ao grafeno e à nanotecnologia, como é mostrado na Figura 2 (Segundo & Vilar, 2016).

Figura 2 - Número de publicações de patentes até 2013 VS nacionalidade.

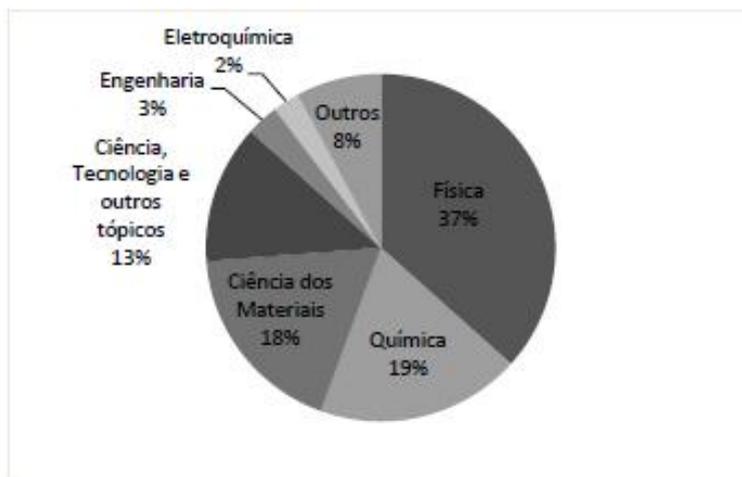


Fonte: Autores.

Quanto as patentes relacionadas ao grafeno e a nanotecnologia, a China é o país que apresenta o maior número de patentes em todo o mundo (30% do total), seguido dos Estados Unidos (23%), Coreia do Sul (15%), Reino Unido (1%) e os demais países somam 31% dos depósitos de patentes.

Periódicos de universidades nacionais em pesquisas relacionadas à nanotecnologia e ao grafeno alinhados ao setor da engenharia detêm apenas 3%, eletroquímica 2%, ciência tecnologia e outros tópicos 13%, como é mostrado na Figura 3 (Segundo & Vilar, 2016).

Figura 3 - Áreas de conhecimentos das publicações de grafeno de 2010 a 2015.



Fonte: Autores.

Na Figura 3 pode-se observar que mesmo o grafeno apresentando uma gama de aplicações na engenharia civil, nas universidades brasileiras 3% das pesquisas estão voltadas para a área de engenharia. Esse resultado sugere que é necessário mais pesquisadores e, provavelmente, mais fomento para as pesquisas envolvendo o grafeno na área de engenharia civil no nosso país. Na área da física, a quantidade de pesquisas vem crescendo a cada ano, seguido da área da química e ciências dos materiais que vem recebendo destaque nos últimos anos em termos que crescentes pesquisas nas universidades e institutos federais.

Até o presente momento, a maior parte dos processos utilizados com o produto grafeno, descritos na literatura, apresentam métodos bastante propícios a despertar para uma possível fabricação do produto em larga escala no Brasil. Porém, percebe-se uma grande carência no Brasil de pesquisas desse material direcionadas à construção civil, contudo, de acordo com os dados bibliográficos coletados, o grafeno mostra-se bastante eficaz em vários meios de produção do setor da construção, tanto por meio de novos compósitos com grafeno como com a criação de novos materiais nesse setor.

Para tanto, os dados de pesquisa bibliográfica utilizados no trabalho mostraram que diversos autores relatam a necessidade de uma maior atenção para o grafeno, por conta de este material possuir excelentes propriedades mecânicas e, possivelmente, se tornar uma vantagem tecnológica nacional, já que o Brasil detém uma das maiores reservas de grafeno no mundo (Bertoncello et al., 2021). Uma vantagem tecnológica desse tipo beneficia diretamente os materiais focando em uma maior qualidade, resistência e economia de variados setores bem como o da construção civil, fazendo assim com que haja um enorme impacto econômico positivo.

O ponto chave ao questionar o porquê de não existir com efetividade o incentivo a pesquisas do grafeno alinhado à construção civil no Brasil, baseia-se em como esse interesse é disseminado no meio acadêmico e o quão isso é de interesse dos órgãos de incentivo a pesquisas no setor público e privado. Ademais, também é importante salientar questões ambientais que ligam diretamente a parte de extração da matéria prima para a obtenção do grafeno, e por ainda não existir uma lei

regulamentadora de extração de grafeno. Tudo isso são empecilhos geradores da falta de pesquisa e de possibilidades para tal ato, o que acaba dificultando a criação de novos materiais com grafeno para a construção civil.

4. Considerações Finais

Ao início do trabalho de pesquisa constatou-se que o setor da construção civil carece de incentivo em pesquisas das possíveis utilizações e combinações com o grafeno, tendo em vista este aspecto, constatou-se que a escolha do estudo sobre a utilização do grafeno na construção civil foi de suma importância, pois servirá para combinar este trabalho em pesquisas futuras.

Diante do que se propôs neste estudo, a pesquisa teve como objetivo geral verificar e analisar a forma de utilização do grafeno a fim de entender o processo de produção e analisar os melhores métodos de alinhamento do grafeno à construção civil, portanto, em aspectos de análises, constata-se que o objetivo geral foi atendido por conta das pesquisas comprovarem a eficácia das propriedades do grafeno e da sua facilidade de junção com outros materiais. Mediante a isso, efetivamente, o trabalho conseguiu demonstrar a identificação de possíveis tecnologias promissoras para o setor da construção civil.

O objetivo específico inicial era descrever de que forma o grafeno poderia ser utilizado a fim de beneficiar o meio produtivo e tecnológico da construção civil, e concluiu-se que a análise da pesquisa foi positiva, pois ainda que haja deficiência em pesquisas nesse ramo, o grafeno mostrou excelentes propriedades e capacidade de combinação a outros compósitos já utilizados na construção civil. Com isso, conclui-se que o objetivo específico inicial foi atendido.

Ademais, o segundo objetivo específico foi regido em mostrar os métodos de aplicação do material aos variados setores, enfatizando os principais e mais utilizados métodos de aplicação e obtenção, objetivando correlacionar esses métodos com possíveis aplicações em meios produtivos da construção civil.

Quanto ao terceiro objetivo específico, teve a função de exemplificar os principais materiais atualmente estudados em junção ao grafeno, externando as possíveis vantagens no meio construtivo, pesquisar os impactos para o setor e, com esse objetivo, firmar uma possível curiosidade para futuros pesquisadores a respeito da pesquisa.

Assim, o estudo do trabalho partiu do questionamento sobre a deficiência em incentivo a pesquisas de novos materiais que envolvam o grafeno na construção civil no Brasil. Durante o trabalho, verificou-se que atualmente o interesse em pesquisas de grafeno tem aumentado, no entanto, o setor de inovação da construção civil ainda é uma área de pesquisa bem pequena com poucos trabalhos publicados sobre o assunto. A hipótese é de que haja um desinteresse por parte dos órgãos responsáveis para incentivar esse tipo de pesquisa no país, por conta das dificuldades de obtenção de materiais nanomolecular e pelo processo de extração que afeta diretamente o meio ambiente.

O trabalho foi feito por meio de pesquisas bibliográficas com foco em uma elaboração embasada em pesquisas de artigos científicos e monografias do setor da construção e de estudos de métodos da nanotecnologia que analisam o material grafeno como forma de embasamento para métodos de aplicação e obtenção do material.

Diante da metodologia proposta, percebe-se que o trabalho poderia ter sido realizado com uma pesquisa mais ampla, com embasamentos e testes realizados em laboratório e/ou pesquisa de campo, entretanto, não foi possível a realização de tais atividades por conta da carência em equipamentos que envolvam a manipulação de nanomateriais e pela atual conjuntura do covid-19 (Coronavírus) em todo o país que fez com que as atividades de pesquisas em alguns setores parassem por completo. Diante disso, o meio científico da construção civil ainda necessita de mais embasamentos em pesquisas que contribuirão na utilização do material grafeno para a produção de materiais, a fim de utilizá-los no meio construtivo civil.

É importante destacar também a necessidade de estudos mais aprofundados em processos de produção do grafeno em larga escala. Tendo em vista toda a metodologia utilizada no presente trabalho, no contexto de produzir o avanço da inovação dos materiais no setor da construção civil, deixo aqui algumas recomendações para trabalhos futuros corroborando a continuação

de pesquisas nesse setor: A utilização do grafeno como produto de vedação em armaduras e em estruturas metálicas com o objetivo de evitar patologias, como a corrosão e degradação do material estrutural, concreto fortificado com grafeno, tintas impermeáveis com nanopartículas de grafeno, condução de energia dos painéis solares com nanopartículas de grafeno.

Com esses resultados, a perspectiva é que possamos contribuir para as futuras pesquisas relacionadas ao grafeno e intensificar as pesquisas em parcerias com alguns grupos de pesquisas na área de engenharia e ciências materiais.

Referências

- Alves, M. F. M. F. C., Araújo, L. O., Brito, A. C. V. S., Carneiro, H. L., Figueiredo, Q. B., Gomes, M. J. A., Morais, A. P., Nagata, L. M., Roehrs, D. D., Sousa, I. G., & Sousa, L. G. V. (2022). Uso do grafeno e nióbio na prática médica: uma revisão narrativa de literatura. *Research, Society and Development*, 11(1), e57911125526.
- Araujo Junior, M. A., Lobato, A. K. D e C. L., & Pedreira (2018). O Grafeno: Meios De Obtenção E Possíveis Aplicações Na Indústria Automotiva. In Anais XVI SEPA - Seminário Estudantil de Produção Acadêmica UNIFACS, Salvador, BA. Borschiver, S., Brum, P. R. C., Guimarães, M. J. O. C., Santos, T. N. D., Silva, F. C. D. (2005). Patenteamento Em Nanotecnologia: Estudo Do Setor De Materiais Poliméricos Nanoestruturados. *Polímeros*, 15(4), 245-248.
- Agopyan, V., Goldemberg, J., & John, V. M. (2011). *O Desafio Da Sustentabilidade Na Construção Civil*. Blucher.
- Bertoncello, A., Modaeli, E., & Batista, V. (2021). O grafeno na dessalinização d'água e o impacto nas regiões com crise hídrica. *South American Development Society Journal*, 7(19), 74. 10.24325/issn.2446-5763.v7i19p74-86
- Cabral, A. M. (2017). *Comportamento mecânico de misturas asfálticas com agregado sinterizado de argila modificadas por nanomaterial de multicamadas de grafeno*. (Dissertação de Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade Federal do Amazonas, Manaus.
- duartCosta, D. D., & Nascimento, P. T. S. (2011). A Gestão Do Desenvolvimento De Produtos Na Indústria De Materiais De Construção, *Revista De Administração Contemporânea*, 15(1), 1-24.
- Costa, M. C. F. D. (2017). *Grafeno e seus derivados: estudo das propriedades de superfície e processos de transferência para substratos poliméricos* (Dissertação Engenharia de Materiais). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo.
- CNPQ (2016). *Diretório Dos Grupos De Pesquisa – Cnpq*. <https://bit.ly/2usfsd4>.
- Figueiredo, B. Q. de., Morais, Álvaro P. de., Brito, A. C. V. S., Roehrs, D. D., Carneiro, H. L., Sousa, I. G. de., Araújo, L. de O., Nagata, L. M., Sousa, L. G. V., Gomes, M. J. de A., & Alves, M. F. M. F. C. (2022). Uso do grafeno e nióbio na prática médica: uma revisão narrativa de literatura. *Research, Society and Development*, 11(1), e57911125526. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i1.25526>
- Gasques, A. C. (2014). Impactos Ambientais Dos Materiais Da Construção Civil: Breve Revisão Teórica. *Revista Tecnológica*, 23(1),13-24. 10.4025/Revtecnol.V23i1.23375.
- Heineck, L. F. M., Oliveira, P. V. H., Novais, S. G., & Santos, D. G. (2000) Análise da aplicação de check-list sobre inovações tecnológicas em canteiros de obra. in anais encontro nacional de tecnologia no ambiente construído – Entac2000, Salvador,BA.
- Hovde, P. J. (2002). The Factor Method For Service Life Prediction From Theoretical Evaluation To Practical Implementation. In: 9th International Conference on Durability of Building Materials and Components.
- Karpinski, L. A., Pandolfo, A., Reineher, R., Guimarães, J. C. B., Pandolfo, L. M., & Kurek, J. (2009). Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental. Edipucrs.
- Mateus, R. F. M. D. S. (2009). Avaliação Da Sustentabilidade Na Construção: Proposta Para O Desenvolvimento De Edifícios Mais Sustentáveis. Recuperado de <https://www.proquest.com/openview/1b2b5b02b2d2c54f7bfa25e2ad306c2c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>.
- May, A., Coelho, L. F., Silva, E. H. F. M. da, Viana, R. da S., Vieira Junior, N. A., & Ferreira, W. P. M. (2021). Grafeno: Uma nova tecnologia para a agricultura. *Research, Society and Development*, 10(2), e56610212827. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12827>
- Segundo, J. E. D. V., & Vilar, E. O. (2016) Grafeno: Uma Revisão Sobre Propriedades, Mecanismos De Produção E Potenciais Aplicações Em Sistemas Energéticos. *Revista Eletrônica De Materiais E Processos*,11(2),54-57.
- Teixeira, L. P. (2010). *Desempenho Da Construção Brasileira*. Universidade Federal de Minas Gerais.