UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Física

PROJETO DE PESQUISA

Fabricação de compósitos para a construção civil reforçados com nanocargas de óxido de grafeno

COORDENADOR:

Marcos Gomes Ghislandi

Dezembro de 2021

Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA
Rua Cento e Sessenta e Três, 300 – Garapu
54518-430 Cabo de Santo Agostinho/PE
www.ppengfis.ufrpe.br

I- IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

1- Título	
Fabricação de compósitos para a construção civil reforçados com nanocargas de óxido de grafeno	
2- Vigência	
Início previsto (mês/ano):	01/2022
Término previsto (mês/ano):	01/2026
3- Classificação da área do projeto (classificação definida pelo CNPq)	
Nome da área :	Engenharias
Número do código:	3.00.00.00-9
Nome da sub-área :	Engenharia de Materiais e Metalúrgica
Número do código:	3.03.00.00-2
Nome da especialidade:	Materiais não Metálicos (Carbonáceos)
Número do código:	3.03.05.00-4 (3.03.05.02-0)
4- Linhas de pesquisa do PPENGFIS contempladas no projeto	
☒	Materiais Nanoestruturados
☒	Materiais para aplicações ambientais, energéticas e industriais
☐	Metrologia e Instrumentação
☐	Espectroscopia coerente e óptica não linear
☐	Controle e dinâmica não linear
5- Palavras-chaves (máximo 5 palavras)	
• Nanotecnologia	• Propriedades Mecânicas
• Gesso	• Grafeno
• Caracterização de Materiais	

Cabo de Santo Agostinho, 1 de fevereiro de 2022

Coordenador: Marcos Gomes Ghislandi
(SIAPE: 2144771)

6- Participantes docentes:

Nome:	Marcos Gomes Ghislandi
CPF:	03820104933
E-mail:	marcos.ghislandi@ufrpe.br
Bolsista do CNPq:	◉ NÃO ○ SIM Se sim, qual nível?:
Função:	Coordenador ☒ Colaborador ☐

Nome:	Ana Cláudia Vaz de Araújo
CPF:	83415742415
E-mail:	claudia.vaz@ufrpe.br
Bolsista do CNPq:	◉ NÃO ○ SIM Se sim, qual nível?:
Função:	Coordenador ☐ Colaborador ☒

Nome:	Vinícius Dantas de Araújo
CPF:	32864249863
E-mail:	vinicius.dantas@ufrpe.br
Bolsista do CNPq:	◉ NÃO ○ SIM Se sim, qual nível?:
Função:	Coordenador ☐ Colaborador ☒

Nome:	Ramón Raudel Peña Garcia
CPF:	70460871480
E-mail:	ramon.raudel@ufrpe.br
Bolsista do CNPq:	○ NÃO ◉ SIM Se sim, qual nível?: 2
Função:	Coordenador ☐ Colaborador ☒

II- DETALHAMENTO DO PROJETO

1. Resumo

O grafeno, uma camada de átomos de carbono entrelaçados numa estrutura bidimensional, tem atraído grande interesse desde sua descoberta, em 2004 (GEIM e NOVOSELOV, 2007). Devido a suas propriedades únicas, tais como área superficial e condutividade elétrica extremamente elevada, além de altíssima resistência mecânica (FRANK et al., 2007), o grafeno tem sido amplamente aplicado na síntese de nanocompósitos (KIM et al., 2010 e TKALYA et al., 2010).

Nos últimos anos, têm-se estudado várias rotas sintéticas para a produção de grafeno, incluindo métodos de redução química a partir do grafite esfoliado em óxido de grafeno (OG). A conversão química a partir do grafite é atraente devido ao seu baixo custo e grande escalabilidade. Folhas de OG podem ser produzidas tratando-se grafite com oxidantes fortes (HUMMERS e OFFEMAN, 1958). Devido à presença de ácido carboxílico, grupos fenólicos e hidroxila, folhas de OG são fortemente hidrofílicas e podem ser prontamente dispersas e esfoliadas em água, resultando em praticamente 100% de folhas individuais de OG (STANKOVICH et al., 2007). Vieira e Vilar (2016) destacam que o método de preparação de óxido de grafeno a partir da redução química do óxido de grafite, apesar de poder gerar defeitos estruturais, possui um alto rendimento, baixo custo e alta processabilidade, sendo, portanto, uma alternativa atraente e viável para a utilização em compostos da construção civil.

No Brasil, o estudo de nanomateriais de carbono aplicados a construção civil, quando comparado a outros países, ainda é insipiente. O uso de cimento fortalecido com nanotubos de carbono desenvolvido pelo CTNano UFMG teve sua patente aprovada em 2019 (LADEIRA, 2008). Adicionado molecularmente na matriz cimentícia, o nanotubo de carbono modifica as propriedades mecânicas da argamassa após a hidratação, melhorando a resistência à compressão e à tração.

A adição de grafeno a compósitos da construção civil, principalmente o concreto e argamassa, de acordo com as pesquisas de autores como Corso et al. (2019), Almeida et al. (2018), Camalionte (2018) e Barbosa (2015), tem apresentado melhorias na resistência mecânica, na reestruturação da porosidade e na diminuição da permeabilidade, quando comparados a estes materiais em suas composições tradicionais. Além do aprimoramento e continuação destes estudos, outros materiais importantes e vastamente utilizados no ramo da construção podem ser reforçados e melhorados com esta adição, como é o caso do gesso.

De acordo com Kanno (2009), o gesso encontra a sua maior aplicação na construção civil, sendo utilizado em revestimentos de paredes, fabricação de elementos de acabamento de interiores, painéis de gesso acartonado (forros e paredes divisórias), placas de forro, etc. Ainda segundo o autor, este material possui uma elevada área superficial específica devido à sua granulometria fina e cristais porosos. Para sua conformação é necessária a adição de água, muitas vezes em excesso, o que resulta na diminuição da resistência mecânica deste material. Por isto, o uso de peças de gesso limita-se, muitas vezes, a ambientes internos.

A NBR 13207 é a principal norma do Gesso na construção civil, tendo como normas complementares as NBRs 12127, 12128, 12129, 12130, as quais definem, entre outras, as especificações que determinam as propriedades mecânicas e físicas do material. Esta norma define o Gesso como um material moído em forma de pó que é obtido através da calcinação da gipsita, e que pode conter aditivos controladores do tempo de pega.

A adição do óxido de grafeno ao gesso pode ocasionar vantagens no quesito tecnológico, proporcionando ganhos mecânicos e físicos ao material. Neste contexto, o gesso enriquecido com o óxido de grafeno aparece como uma ótima alternativa para obtenção de um produto durável, de fácil manuseio e que atenda às especificações técnicas.

2. Introdução

O grafeno, uma camada de átomos de carbono entrelaçados numa estrutura bidimensional, tem atraído grande interesse desde sua descoberta, em 2004 (GEIM e NOVOSELOV, 2007). Devido a suas propriedades únicas, tais como área superficial e condutividade elétrica extremamente elevada, além de altíssima resistência mecânica (FRANK et al., 2007), o grafeno tem sido amplamente aplicado na síntese de nanocompósitos (KIM et al., 2010 e TKALYA et al., 2010).

Nos últimos anos, têm-se estudado várias rotas sintéticas para a produção de grafeno, incluindo métodos de redução química a partir do grafite esfoliado em óxido de grafeno (OG). A conversão química a partir do grafite é atraente devido ao seu baixo custo e grande escalabilidade. Folhas de OG podem ser produzidas tratando-se grafite com oxidantes fortes (HUMMERS e OFFEMAN, 1958). Devido à presença de ácido carboxílico, grupos fenólicos e hidroxila, folhas de OG são fortemente hidrofílicas e podem ser prontamente dispersas e esfoliadas em água, resultando em praticamente 100% de folhas individuais de OG (STANKOVICH et al., 2007). Vieira e Vilar (2016) destacam que o método de preparação de óxido de grafeno a partir da redução química do óxido de grafite, apesar de poder gerar defeitos estruturais, possui um alto rendimento, baixo custo e alta processabilidade, sendo, portanto, uma alternativa atraente e viável para a utilização em compostos da construção civil.

No Brasil, o estudo de nanomateriais de carbono aplicados a construção civil, quando comparado a outros países, ainda é insipiente. O uso de cimento fortalecido com nanotubos de carbono desenvolvido pelo CTNano UFMG teve sua patente aprovada em 2019 (LADEIRA, 2008). Adicionado molecularmente na matriz cimentícia, o nanotubo de carbono modifica as propriedades mecânicas da argamassa após a hidratação, melhorando a resistência à compressão e à tração.

A adição de grafeno a compósitos da construção civil, principalmente o concreto e argamassa, de acordo com as pesquisas de autores como Corso et al. (2019), Almeida et al. (2018), Camalionte (2018) e Barbosa (2015), tem apresentado melhorias na resistência mecânica, na reestruturação da porosidade e na diminuição da permeabilidade, quando comparados a estes materiais em suas composições tradicionais. Além do aprimoramento e continuação destes estudos, outros materiais importantes e vastamente utilizados no ramo da construção podem ser reforçados e melhorados com esta adição, como é o caso do gesso.

De acordo com Kanno (2009), o gesso encontra a sua maior aplicação na construção civil, sendo utilizado em revestimentos de paredes, fabricação de elementos de acabamento de interiores, painéis de gesso acartonado (forros e paredes divisórias), placas de forro, etc. Ainda segundo o autor, este material possui uma elevada área superficial específica devido à sua granulometria fina e cristais porosos. Para sua conformação é necessária a adição de água, muitas vezes em excesso, o que resulta na diminuição da resistência mecânica deste material. Por isto, o uso de peças de gesso limita-se, muitas vezes, a ambientes internos.

A NBR 13207 é a principal norma do Gesso na construção civil, tendo como normas complementares as NBRs 12127, 12128, 12129, 12130, as quais definem, entre outras, as especificações que determinam as propriedades mecânicas e físicas do material. Esta norma define o Gesso como um material moído em forma de pó que é obtido através da calcinação da gipsita, e que pode conter aditivos controladores do tempo de pega.

A adição do óxido de grafeno ao gesso pode ocasionar vantagens no quesito tecnológico, proporcionando ganhos mecânicos e físicos ao material. Neste contexto, o gesso enriquecido com o óxido de grafeno aparece como uma ótima alternativa para obtenção de um produto durável, de fácil manuseio e que atenda às especificações técnicas.

3. Objetivos

Geral:

O presente trabalho tem como objetivo estudar materiais de baixo-custo, obtidos a partir do grafite, para obtenção de óxido de grafeno (OG), e analisar seu comportamento na incorporação a materiais de construção (gesso, argamassa, cimento), visando melhorias em suas propriedades mecânicas e físicas (porosidade, permeabilidade).

Específicos:

- Sintetizar e otimizar a produção de óxido de grafeno a partir do grafite, através do método de Hummers modificado, para fabricação de gesso reforçado;
- Caracterizar, através de técnicas de microscopia e espetroscopia disponíveis, o óxido de grafeno;
- Analisar a influência da adição do óxido de grafeno nas propriedades do material de construção, antes e após o seu endurecimento.

4. Metodologia

- Obtenção e caracterização do óxido de grafeno (OG)

O grafeno será obtido através de preparação inicial de óxido de grafeno (OG) a partir de pó de grafite usando-se o método Hummers modificado (HUMMERS e OFFEMAN 1958). É importante salientar que a produção das folhas de óxido de grafeno será otimizada experimentalmente. Folhas de grafeno produzidas por outros métodos estão sendo atualmente produzidas em larga escala e estão disponíveis comercialmente.

Indicadores de desempenho: Testes de solubilidade e análise de UV-vis serão utilizados para controle qualitativo do nível de oxidação do grafeno em solução aquosa; Análise elementar e termogravimetria podem revelar a quantidade de grupos oxigenados, indicando quantitativamente o grau oxidação do grafeno; Difratometria de raio-x (DRX) pode determinar o grau de cristalinidade do grafite precursor e do óxido produzido; A espectroscopia de Raman é outra técnica adequada para detectar a presença de defeitos estruturais, sendo importante, inicialmente, na determinação da "qualidade" do grafeno esfoliado; Microscopias eletrônica de varredura (MEV) e de força atômica (AFM) são técnicas apropriadas para caracterizar a morfologia das folhas de grafeno e dos compósitos formados.

- Fabricação de gesso/argamassa/cimento reforçado com adição de OG

Utilizando o óxido de grafeno sintetizado, serão preparados nanocompósitos, empregando como matriz o gesso utilizado para a construção civil, o qual deve atender as especificações dispostas na NBR 13207 e suas normas complementares. O método utilizado para formação desse nanocompósito será por meio de intercalações de soluções, onde o óxido de grafeno será disperso, por ultrassom, preliminarmente, em água. Para realização dos ensaios será testada, inicialmente, a adição de forma parcial do óxido de grafeno (porcentagens pré-definidas) e da água ao gesso, utilizando a relação água e gesso (a/g) de 0,7, em massa, valor característico utilizado em obras. Para a preparação da pasta será utilizado o procedimento previsto na NBR 12128/91. Após os procedimentos estabelecidos na norma citada anteriormente, os corpos de prova serão moldados em formato prismático de 4cm x 4cm x 16cm.

Indicadores de desempenho: Serão realizados ensaios mecânicos de compressão e flexão, na máquina universal, para avaliar a variação das nas propriedades mecânicas com a adição da carga de GO. Também serão sistematicamente caracterizadas em termos de porosidade, e permeabilidade a água. A absorção seguirá método de secagem em estufa e imersão em água quente. Os procedimentos seguirão as normas da ABNT quanto à atividade que será desenvolvida. Os compósitos também serão caracterizados quanto à morfologia e microestrutura utilizando MEV e DRX. A interação dos grupos funcionais oxigenados do oxido de grafeno e dos minérios reativos do gesso serão capturados através de espectroscopia de infravermelho de transformada de Fourier (FTIR). Todos os ensaios serão realizados nos laboratórios de pesquisa e ensino de materiais da UFRPE.

5. Resultados esperados

I. Impacto científico e tecnológico:

- Capacitar o estudante para a investigação científica e contribuir na estruturação da pesquisa científica da Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, em específico no Grupo de Nanotecnologia Aplicada e Ambiental (NanoA);

- Possibilidade de transferência de tecnologia ao permitir que haja intercâmbios com centros de pesquisas e instituições, registro de patente, planejamento de protótipo para produção em escala piloto e incubação de empresa;

- Artigos para publicações em periódicos nacionais e internacionais relevantes na área;

-Trabalhos para apresentação e publicação em eventos regional, nacional e/ou internacional de grande impacto na área;

- Desenvolver ciência aplicada em áreas estratégicas do estado de Pernambuco;

- Fortalecer a interação científica e tecnológica entre a Universidade Federal Rural de Pernambuco e as indústrias do ramo de construção civil, na área gesseira e de artefatos de cimentos, do estado de Pernambuco.

O resultado maior do projeto será uma nova classe nanocompósitos multifuncionais contendo folhas de grafeno dispersas em gesso. Como os nanotubos de carbono, folhas de grafeno apresentam propriedades atraentes, além de serem facilmente produzidas em massa, devem se tornar disponíveis a custos muito mais baixos e em quantidades maiores. Quando utilizadas como reforço para o gesso utilizado na construção civil, é esperado que as folhas de grafeno, ambientalmente inertes ao meio, confiram excepcional resistência e rigidez mecânica, superiores se comparadas a outras estruturas usualmente utilizadas, como fibras e minerais.

II. Contribuição ao desenvolvimento econômico e social de Pernambuco:

A região metropolitana do Recife é uma zona fortemente habitada e industrializada, caracterizando-se pela necessidade de utilização de grandes quantidades de materiais para construção civil. Nanopartículas de grafeno, quando utilizadas como aditivos para gessos, podem oferecer melhora considerável na redução da absorção e penetração da água, bem como características de resistência mecânica, durabilidade e proteção contra a corrosão. No Brasil, e principalmente em Pernambuco, o estudo destes nanomateriais de carbono aplicados a construção civil ainda é insipiente. Há a perspectiva da utilização de uma menor quantidade de material do que em um processo de fabricação tradicional, resultando em um compósito de gesso que não é apenas resistente, mas também mais sustentável.

O polo gesseiro do Araripe, que abrange mais de 300 empresas no sertão, é responsável pela produção de 95% do gesso fabricado no Brasil. A importância da região do Araripe para a economia do país com a

exploração da Gipsita, somadas as aplicações do gesso na sociedade, vão muito além da construção civil, onde se utiliza para paredes e revestimentos (massa fina, rebaixamento de teto, forros etc.). Com a modificação e melhoramento das propriedades do gesso pela inserção do óxido de grafeno, novas tecnologias podem ser desenvolvidas nas áreas de:

- Medicina: Ortopedia, traumas e odontologia;

- Isolamento térmico e acústico: As propriedades físicas do gesso, como alta capacidade calorífica, permitem tal utilização;

- Indústria do cimento: Usado como retardador do tempo de pega, onde é adicionado ao clínquer em um percentual de 3 a 5% em massa.

6. Cronograma de atividades

Semestre / Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8
I	x	x						
II	x	x	x					
III		x	x					
IV			x	x	x			
V			x	x	x	x		
VI				x	x	x		
VII						x	x	x
VIII							x	x

Atividade I	Revisão Bibliográfica
Atividade II	Disciplinas
Atividade III	Obtenção e caracterização de grafite e grafeno
Atividade IV	Caracterização química e morfológica do óxido de grafeno obtido
Atividade V	Fabricação de compósitos com proporções de óxido de grafeno e gesso, e realização de testes mecânicos e absortivos
Atividade VI	Caracterização química e morfológica dos gessos reforçados
Atividade VII	Análise dos resultados
Atividade VIII	Elaboração de Artigos e Relatório

7. Apoio financeiro e/ou institucional

Esta proposta tem o aporte financeiro do seguinte projeto de pesquisa: - Projeto FACEPE Primeiros Projetos APQ-0443-3.03/14 (valor total de R$ 55.000,00). Está aprovada a compra de matéria-prima (nanofolhas de grafeno) disponível comercialmente, a compra de reagentes

de alta pureza para dispersão das nanopartículas, material de reposição, vidraria e todo material de laboratório necessário para obtenção e preparação das nanopartículas e para sua preparação para caracterizações estrutural, morfológica, óptica e catalítica.

8. Referências

ALMEIDA, S. L. R. et al. Automatização da produção de óxido de grafeno para uso em compósitos aplicados ao setor da construção civil. Escola de Engenharia da Universidade Presbiteriana Mackenzie: São Paulo, 2018.

BARBOSA, D. F. Influência do óxido de grafeno em argamassas de cal hidráulica natural. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia Universidade Nova de Lisboa. p. 167, 2015.

CAMALIONTE, A. G. et al. Compósito de cimento e óxido de grafeno: avaliação das propriedades mecânicas. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, v. 18, n. 1, 2018.

CORSO, M. et al. Incorporação de óxido de grafeno em argamassa de revestimento: uma visão sustentável. Ambiente Construído, v. 20, n. 1, p. 297-312, 2020.

FRANK, I. W. et al. Mechanical properties of suspended graphene sheets. Journal of Vacuum Science & Technology B, v. 25, n. 6, p. 2558-2561, 2007.

GEIM, A.K. e NOVOSELOV, K.S. The rise of graphene. Nature Materials. v.6, n.6, p. 183-191, 2007.

HUMMERS, W.S. and OFFEMAN, R.E. Preparation of Graphitic Oxide. Journal of the American Chemical Society 80(6), 1339-1339, 1958.

KANNO, W. M. Propriedades mecânicas do gesso de alto desempenho. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. p. 132, 2009.

KIM, H., ABDALA, A.A. e MACOSKO, C.W. Graphene/Polymer Nanocomposites. Macromolecules. v.43, n.16, p.6515-6530, 2010.

STANKOVICH, S., et al. Synthesis of graphene-based nanosheets via chemical reduction of exfoliated graphite oxide. Carbon 45(7), 1558-1565, 2007.

TKALYA, E., GHISLANDI, M., ALEKSEEV, A., KONING, C. and LOOS, J. Latex-based concept for the preparation of graphene-based polymer nanocomposites. Journal of Materials Chemistry v.20, n.15, p.3035-3039, 2010.

VIEIRA SEGUNDO, J. E. D.; VILAR, E. O. Grafeno: Uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. Revista eletrônica de materiais e processos, v. 11, n. 2, 2016.