

SÍNTESE DE NANOTUBOS DE CARBONO PARA USO NA FABRICAÇÃO DE PLACAS CIMENTÍCIAS

Augusto S. Ferrarese[1]

Maria Angélica T. Fracassi[2]

Schana Andreia da Silva[3]

Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS[1]
Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha[2]
Fundação Escola Técnica Liberato Salzano Vieira da Cunha[3]

augustos.ferrarese@gmail.com

Palavras-Chave: Matriz Cimentícia, Gás Natural, Nanotecnologia

Introdução

Em 2024 o Rio Grande do Sul sofreu com o maior desastre natural de sua história, e com isso surgiram novas necessidades para prevenção e contenção de danos. Somente entre os anos de 2023 e 2024, onde as enchentes atingiram seu ponto crítico, cerca de 15 mil casas foram destruídas devido a danos causados pelas águas, segundo levantamento feito pela Univates. A partir disso surgem novas demandas para tornar mais eficiente a reconstrução destas estruturas destruídas. Entre as alternativas surge a opção das placas cimentícias para construção em módulos.

Estes materiais se apresentam como uma alternativa interessante visto suas diversas vantagens em comparação aos métodos de alvenaria convencionais. Entre os benefícios podemos citar a sua velocidade de montagem, reduzindo a mão de obra e facilitando a instalação de sistemas elétricos e hidráulicos. Outro fator que justifica sua utilização é a redução quase que total dos resíduos gerados durante o processo de montagem das placas cimentícias, reduzindo o impacto gerado para o ambiente. Por fim, outro fator determinante para que este método se faça necessário é a redução no custo de infraestrutura em até 30% (Aragão, 2022).

Visto suas diversas vantagens, busca-se tornar a qualidade e eficiência deste material ainda maior através da incorporação de nanotubos de carbono na formulação das placas cimentícias. Dentre as características que se objetiva melhorar com a incorporação de NTC estão a resistência à compressão e à tração na compressão. Segundo (Almeida, 2022) placas cimentícias podem sofrer com fraturas por puncionamento e cisalhamento na fixação das placas ao serem instaladas nas armações de metal, justificando assim a necessidade de alternativas para a melhora no desempenho deste material.

Nanotubos de carbono são folhas de grafeno - átomos de carbono formando uma superfície plana em formato hexagonal - enroladas para formar um cilindro que pode variar entre poucos angstrons a dezenas de nanômetros de diâmetro (Herbst; Macêdo; Rocco, 2004) Ainda, podem ser classificados por possuir paredes simples ou por paredes múltiplas. Este material tem sido amplamente utilizado em pesquisas e vem demonstrando altas taxas de

desempenho, visto possuírem ligações intramoleculares extremamente fortes, proporcionando flexibilidade e resistência para o material, além de serem ótimos condutores elétricos e térmicos.

Isto posto, o presente trabalho busca alinhar a alta capacidade de otimização das placas cimentícias modulares com o alto desempenho propiciado pelos nanotubos de carbono oriundos de uma fonte de carbono de baixo custo, o GNV, buscando tornar o material resultante em uma inovação para o cenário atual da construção civil.

Material e Métodos

PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO

A produção dos nanotubos de carbono foi feita através de um forno de deposição química por vapor (CVD), onde se utilizou o gás natural veicular (GNV) como gás precursor de carbono. Para a formação dos NTCs, o gás GNV é arrastado pelo interior do forno onde entra em contato com um catalisador que atua como um suporte para a nucleação dos nanotubos de carbono. Dentre as metodologias desenvolvidas, comprovou-se em demais estudos que a utilização de metais de transição proporciona maior efetividade no processo, sendo as principais opções ferro (Fe), níquel (Ni) e cobalto (Co) que apresentam a característica de metaestabilidade, isto é, possuem estabilidade aparente, mesmo não se encontrando no mais alto nível de estabilidade. O catalisador utilizado para a síntese foi o níquel e a vazão do gás fonte de carbono foi de 100 ml/min. Além disso, foram feitos testes em temperaturas de síntese iguais a 800, 900 e 1000 graus celsius.

PURIFICAÇÃO

Nesta etapa, os nanotubos obtidos foram adicionados a tubos de ensaio contendo água deionizada e ácido clorídrico (HCl) em concentração de 3:1. Ao fazer isto, o níquel proveniente do catalisador é solubilizado à cloreto de níquel, permitindo aumentar o grau de pureza do material obtido. Em seguida, a parte sólida contendo os NTCs foram submetidos à uma filtração a vácuo onde o material foi lavado repetidas vezes a fim de eliminar qualquer resquício da solução ácida que compunha a parte líquida. Na sequência, os cadinhos foram levados à uma solução 1% de sódio dodecilbenzoato (surfactante) e então levadas para um banho de ultrassom, fragmentando assim os emaranhados de NTC. Por fim, é feita uma nova filtração a vácuo, para remover o surfactante em excesso na superfície do material, e em seguida os cadinhos foram levados para estufa para remoção da água presente no meio.

CARACTERIZAÇÃO DOS NANOTUBOS DE CARBONO

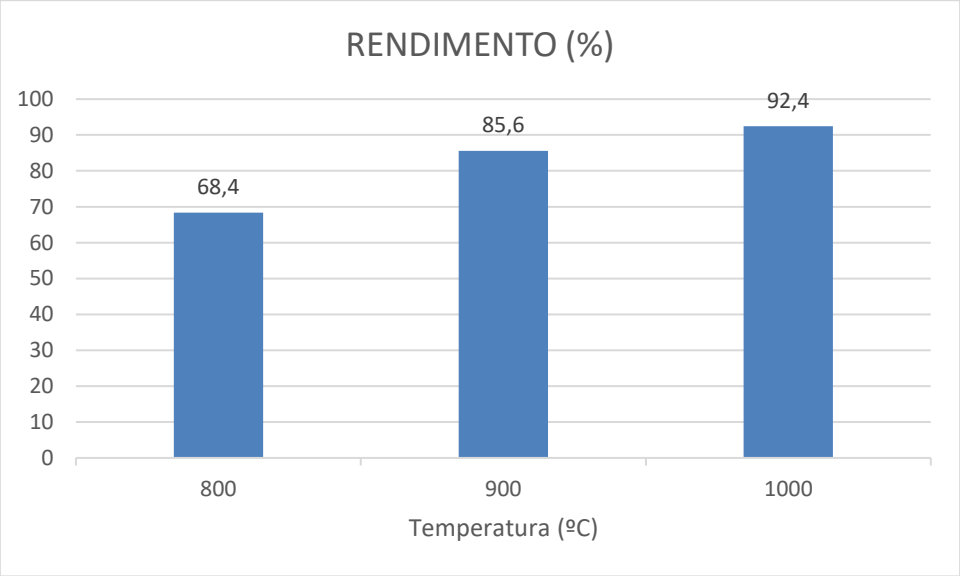
Para verificar a presença e validar a qualidade dos nanotubos de carbono produzidos, optou-se pela espectroscopia de Raman, visto ser uma técnica recomendada pela literatura para avaliar a pureza de NTC. O método consiste na emissão de uma onda eletromagnética na superfície do material, onde parte é absorvida e outra parcela é refletida. Quando a onda atravessa a superfície, uma parte é mantida na forma de calor, enquanto outra porção é retransmitida na forma de luz espalhada, sendo esta chamada de espalhamento de Raman. Este espalhamento interage com a frequência vibracional das ligações do material podendo identificar a composição da amostra analisada.

PLACAS CIMENTÍCIAS

Para a preparação das placas cimentícias foi utilizado 0,2% (massa) de nanotubos de carbono com 21% de água em relação a massa de cimento e areia. Uma das placas foi feita em parceria com a empresa Heima Solutions e a outra feita no Instituto Liberato. Em seguida foram feitos testes com a formulação desenvolvida além de Base Coat comercial (padrão). Em seguida as placas foram pintadas com tinta acrílica e expostas a ambiente externo da escola Liberato

Resultados e Discussão

A primeira avaliação feita a respeito do método utilizado, foi quanto ao rendimento da síntese dos nanotubos de carbono, sendo a temperatura de produção com maior rendimento a de 1000 ºC como demonstra o gráfico abaixo:



Para avaliação dos resultados, utilizou-se o espectro de Raman, e através das bandas D, G e G' foi possível avaliar o desempenho do método apresentando para obtenção de nanotubos de carbono.

A banda D é atribuída a estruturas grafíticas desordenadas, podendo ser identificada picos em comprimentos de onda iguais a 1340 cm^{-1}. Dentre as três temperaturas testadas (800, 900 e 1000 ºC), as amostras produzidas a 1000 ºC tiveram maior intensidade da banda D, seguido das amostras de 900, e por fim as de 800 graus celsius.

A banda G por sua vez, encontrada entre os comprimentos de onda 1500 e 1600 cm^{-1} (cerca de 1580 cm^{-1}), indica a presença de nanotubos de paredes múltiplas. Neste caso, as amostras obtidas a 900 e 1000 ºC apresentaram valores de intensidade muito próximos entre si, com as amostras sintetizadas em maior temperatura possuindo valores maiores para altura dos bicos da banda. Já as amostras provenientes da menor temperatura (800 ºC), apresentaram valores inferiores quanto a intensidade de seu respectivo pico.

A banda G' por outro lado, indica a presença de paredes múltiplas ou simples, sendo esta banda o harmônico da banda D. Quando há a presença de paredes simples (SWCNT),

pode-se verificar um pico alto e fino. Quando a amostra de nanotubos de carbono analisada apresenta paredes múltiplas (MWCNT), nota-se uma banda de menor altura e maior largura de banda. Em ambos os casos, estes picos são visualizados em comprimentos de onda próximos a 2700 cm^{-1}.

Abaixo seguem os gráficos das triplicatas das temperaturas obtidos nos espectros de Raman:

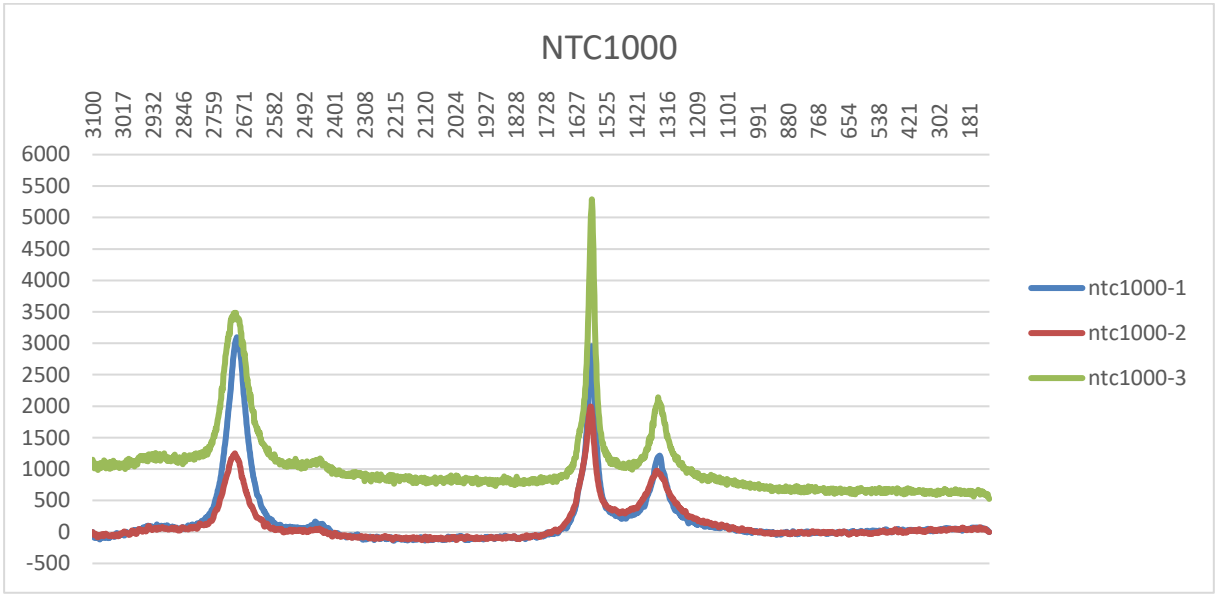


Figura 1 – Gráfico Raman do NíO a 100 ml/min na temperatura de 1000°C

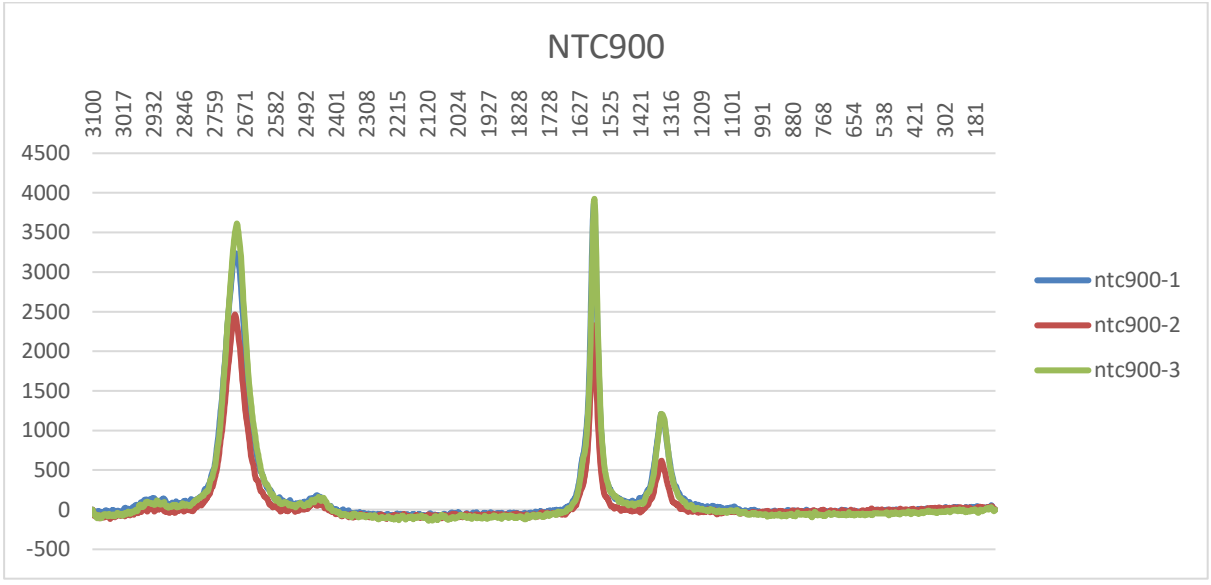


Figura 2 – Gráfico Raman do NíO a 100 ml/min na temperatura de 900°C

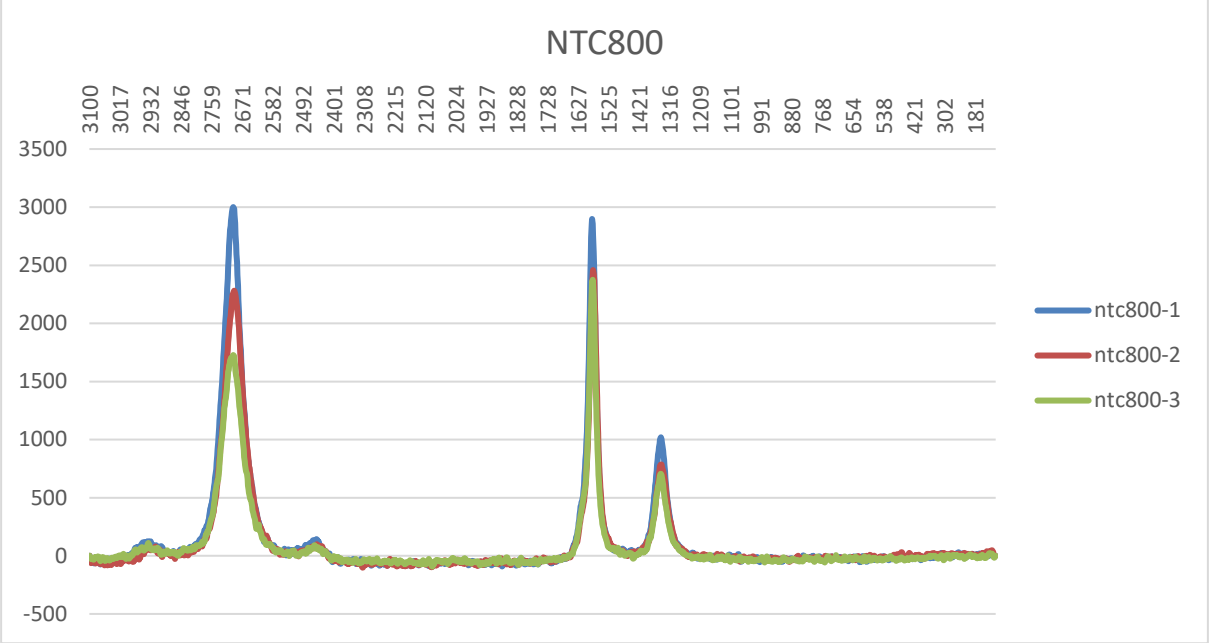


Figura 3 – Gráfico Raman do NíO a 100ml/min na temperatura de 800°C

Por fim, para avaliar a qualidade do NTC obtido, utilizou-se a razão D/G, onde quanto menor este valor, maior o indício de qualidade dos nanotubos obtidos. Valores abaixo de 0,2 indicam uma alta qualidade do produto obtido, enquanto valores acima de 0,5 indicam uma baixa qualidade. Em todas as três temperaturas testadas para sintetizar o material, foi possível obter valores de D/G próximos a 0,3, como demonstrados na tabela abaixo.

Temperatura (ºC)	800	900	1000
Intensidade Banda D (média)	792	992	1373
Intensidade Banda G (média)	2525	3290	3011
Razão D/G (média)	0,31	0,30	0,45

As placas cimentícias desenvolvidas na Fundação Liberato e Heima Solutions foram expostas durante 68 dias ao ambiente e em ambas as situações pôde-se notar que não houveram danos significativos, tanto nas parcelas pintadas quanto nas expostas totalmente. a menos de uma pequena infiltração, perceptível na parte pintada da amostra produzida na

Liberato, agravada possivelmente pela alta incidência de chuvas durante o período de teste. Apenas a avaliação visual pode ser efetuada até o momento, enquanto as avaliações mecânica e de envelhecimento ainda serão feitas para melhor avaliação do material final produzido

Conclusões

Após a análise de espectroscopia de Raman pode-se concluir que os nanotubos de carbono sintetizados com gás natural veicular, com o uso de níquel como catalisador, apresentou resultados satisfatórios, visto a inovação do método, partindo de uma fonte precursora de carbono com custo relativamente baixo quando comparado a outros métodos utilizados para a síntese dos NTCs. A qualidade do material ainda mostra compatibilidade com a aplicação a qual foi destinado, visto que mesmo não apresentando o mais alto grau de qualidade estrutural, possuí qualidade necessária para ser incorporado a placas cimentícias. Sendo assim, mostra-se pertinente a pesquisa, e seguida demais testes das características das amostras de cimento, pode contribuir para a inovação em construção a partir de placas de cimento modulares suportadas.

Referências

ALMEIDA, Ricardo L. J. de; PARSEKIAN, Guilherme; CARNIO, Marco Antonio. Concreto reforçado com fibras: projeto de fibras no ELU. **CONCRETO & Construções**, v. XLIX, n. 105, p. 90–97, 2022.

HERBST, Marcelo Hawrylak; MACÊDO, Maria Iaponeide Fernandes; ROCCO, Ana Maria. Tecnologia dos nanotubos de carbono: tendências e perspectivas de uma área multidisciplinar. **Química Nova**, v. 27, n. 6, p. 986–992, dez. 2004.

JAURIS, Iuri. PRODUÇÃO DE NANOTUBOS DE CARBONO VIA TÉCNICA DE DEPOSIÇÃO QUÍMICA DE VAPOR. **PRODUCTION OF CARBON NANOTUBES BY CHEMICAL VAPOR DEPOSITION TECHNIQUE**: Disc. Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, S. Maria, [*s. l.*], v. 12, ed. 1, 2011.

LIMA, Márcio Dias. **Síntese de nanotubos de carbono por deposição química de vapor catalisada: correlação entre parâmetros de processo e características estruturais.** 2007. (Tese de Doutorado), Faculdade de Engenharia.
Programa de Pós-graduação de Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais,
Porto Alegre, 2007.

TEIXEIRA, Ana Paula de Carvalho**. Síntese de nanotubos de carbono por CVD utilizando catalisadores à base de ferro e molibdênio suportados em matrizes cerâmicas. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia das Radiações, Minerais e Materiais** (Tese de Mestrado). Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2010.

WELLINGTON DAMASCENO ARAGÃO *et al.* Steel frame – construção sustentável e comparação com o sistema construtivo convencional. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e49011932118-e49011932118, 16 jul. 2022.