

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

Polímeros – Fibra de Carbono: Propriedades mecânicas, químicas, processo de fabricação e as dificuldades de aplicação em larga escala

Código CON-2016-0705

Resumo: Por muito tempo a Fibra de Carbono foi um material desprezado pelos cientistas, pois duvidava-se que teria uma utilização prática no cotidiano, já que esta era considerada um material restrito à ficção científica. Hoje, vemos aplicações de polímeros carbônicos na construção civil, na indústria automobilística, no processo de fabricação do aço e até mesmo na indústria esportiva. O objetivo deste artigo é discorrer sobre a relevância e desafios do uso de polímeros, especialmente a fibra de carbono, nas tecnologias do futuro, suas dificuldades e seus desafios em aplicações para o dia a dia, a fabricação em larga escala e para se consolidar como solução viável as exigências de sustentabilidade e eficiência que a ciência tem buscado para as novas máquinas e equipamentos. Fazemos um breve histórico do desenvolvimento da tecnologia associada a fibra de carbono, explanando o caminho percorrido no âmbito de pesquisas e descobertas até os dias atuais, depois temos uma contextualização de suas aplicações, custos e fomentos na comunidade científica. Foram feitos testes comparativos de tração, compressão e dureza entre alguns tipos de fibra de carbono e outros materiais como alumínio e fibra de vidro, para exemplificar e aplicar a teoria estudada.

Palavras-chave: fibra de carbono, carbono, cristalografia, processos de fabricação

1. BREVE RESUMO HISTÓRICO

A maioria das grandes invenções e descobertas não surgiram de grandes reflexões, ocorreram acidentalmente e despontaram na adversidade e/ou na busca por poder. A primeira aparição da fibra de carbono que se tem notícia foi através de um experimento realizado por Thomas Edson.

Lebrão (1998) nos conta que Thomas Edson foi o primeiro a produzir intencionalmente filamentos de carbono pela pirólise de algodão para filamentos de lâmpadas incandescentes em 1878. Mais de 80 anos depois, o excelente desempenho de suas propriedades mecânicas foi demonstrado pelo crescimento de whiskers de grafite com resistência à tração de 2,0 GPa e módulo de rigidez de 800 GPa, tendo em vista o que é dito por Lebrão percebe-se como a curiosidade do ser humano e sua incessante busca por conhecimento, geram novas ideias e novos questionamentos.

Sempre existiram na natureza fibras orgânicas, o homem passou a observa-las e percebeu suas propriedades relevantes, as quais podem variar de acordo com o material bruto. Assim, em meados do século XX começou a se pensar na utilização de um material resistente e leve, até então sem muitos avanços e com o advento das Guerras Mundiais viu-se a necessidade de um novo material para alcançar seus objetivos no conflito.

Para isso foi necessária minuciosa investigação a nível microscópico (química). Estudou-se a aglutinação das moléculas e como isso interferia em suas propriedades mecânicas, além de quão resistente o material poderia ser dependendo de sua matéria-prima, e suas resistências a calor e outras situações adversas. O material utilizado foi a fibra de carbono. Pode-se observar alguns exemplos de configuração da fibra como chapas ou tubos, conforme a Fig. 1.

Como visto em Lebrão (1998) as fibras de carbono, assim como as fibras de vidro, foram os primeiros reforços utilizados para aumentar a rigidez e resistência de materiais compósitos avançados leves, comumente utilizados em aeronaves, equipamentos de recreação e aplicações industriais. A expressão “fibra de carbono” geralmente se refere a uma variedade de produtos filamentosos compostos por mais de 90% de carbono produzidos pela pirólise da poliacrilonitrila (PAN), piche ou rayon, uma característica relevante em relação a este elemento químico é que quanto maior o teor de carbono mais duro será a peça fabricada, e mais resistente, dependendo de sua aplicação.

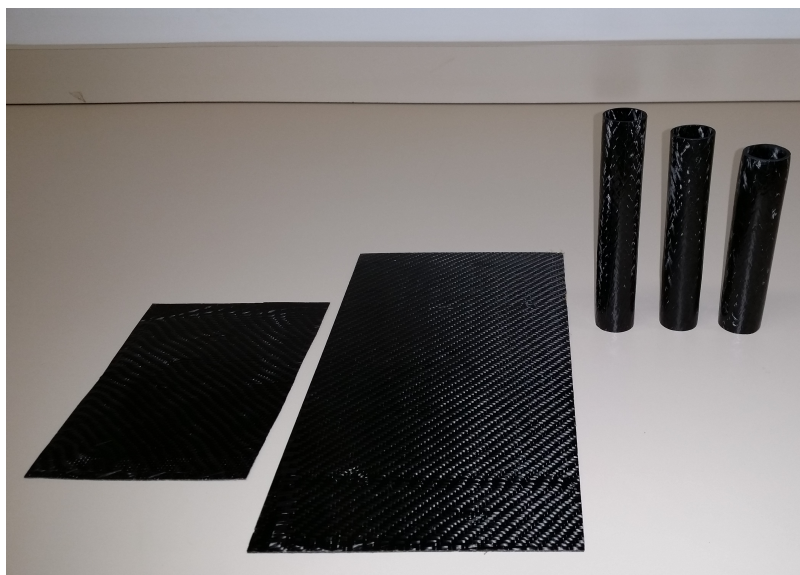


Figura 1. Tubos e chapas de fibra de carbono de matriz PAN (poliacrilonitrila) (fonte própria)

Na década de 50 houveram grande pesquisas na área de engenharia dos materiais, devido a corrida aeroespacial, e com isso os dois grandes polos econômicos da época investiram em fibra de carbono, exclusivamente para a fabricação de aeronaves, devido ao fato de sua utilização ser muito dispendiosa. Atualmente, apesar de ainda não muito acessível devido ao seu custo, já é utilizado para outros fins, tais como em algumas peças de carros esportivos, envelopamento de peças de carros, bicicletas de alta performance, entre outras aplicações.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

No processo de produção dos corpos de prova, utilizou-se várias malhas tubulares de diâmetros e metragens de produção laboratorial para fins acadêmicos (Tubo em fibra de carbono trançado, dimensões 28,3x50 mm cód. 616G15 marca OTTO BOCK). Utilizou-se também um cilindro vazado de alumínio fabricado industrialmente (adaptador modular com braçadeira em aço inox diâmetro interno 30x50 mm, cód. 4R21 marca OTTO BOCK).

Da mesma forma, foi empregado a fibra de vidro de fabricação industrial na metragem (Tubo em fibra de vidro resinado de diâmetro 32x50 mm de fabricante desconhecido) com a finalidade de se fazer um comparativo das resistências a compressão nos tubos e de dureza na chapa.

Após a fase de cura da resina e ao termino do processo de laminação é feito o esquadrejamento da chapa e são cortados com a serra fita as laterais para se obter medidas mais iguais, após isso colocou-se a peça em um microscópio eletrônico fazendo assim uma análise microscópica das falhas entre as fibras, pois foi feito em laboratório, em seguida o ensaio de dureza foi realizado colocou-se a base para acomodação da chapa, foi posicionada a ponta de penetração no equipamento, com a chapa acomodada inicia-se o procedimento onde a ponta penetra até um certo ponto armazenando o dado em um relógio comparador, esse procedimento é realizado em partes distintas da mesma chapa.

A seção tubular, após processo de laminação, é esquadrejada e preparada para o ensaio, corta-se os excessos com o uso da lixadeira circular manual e em seguida é dividida em seções para ensaios, as amostras são colocadas na base da máquina de compressão universal e submetidas a carga extrema até a ruptura, o equipamento é munido de um painel digital para memorizar a carga máxima de ruptura do corpo de prova em questão, inicia-se então a aplicação da força que se dá por meio de uma alavanca que aciona um pistão hidráulico e transfere a força para o corpo de prova, o painel digital mostra a carga aplicada até a ruptura, quando a ruptura ocorre o painel digital mostra a carga máxima suportada pelo mesmo, o mesmo processo é realizado para a fibra de vidro e o alumínio.

Na realização dos testes laboratoriais, foi utilizado o seguinte maquinário:

Teste de Dureza em chapa:

- REF. (MITUTOYO) HR – 100;
- Ensaio de dureza ROCKWELL, base de fixação plano Horizontal;
- Ponta de Penetração esférica 1/8" (3,175 mm);

Para corte tubular:

- Lixadeira circular manual;
- Disco de 180X1,6X22,2 mm;
- A365 BF41 ABNT NBR 15 230;
- AÇO ACERO INOR MAX RPM 8.595 (0,9 rad/s);

Para corte em chapa:

- Serra de fita vertical de 9" (0,2286 m) de comprimento;

- 165 RPM (Velocidade constante) = 17,2787604 rad/s;

Para teste de compressão Universal:

- Máquina de compressão Universal PAVITEST CONTENCO;
- Compressão medida em Tonelada Força;
- Limite máximo – 100 Tonelada-força = 980,665 kN;

3. PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Os átomos de carbono, por terem quatro elétrons na última camada de valência, fazem quatro ligações químicas, estes ligam-se a outros dois átomos com ligação simples, em cada lado, os outros podem ser ligados por ligação lateral com radicais livres ou outros átomos, assim como ligações duplas também podem ocorrer. As moléculas destas longas cadeias são conhecidas por meros, as quais se repetem durante a cadeia. Mero significa uma parte, e é denominada de monômero (mono = um; mero = parte).

Polímeros são compostos de macromoléculas, compostos de vários monômeros, contendo mistura de moléculas de pesos atômicos variados. É um material novo e inovador, pois é maleável, sendo possível modificar suas características físicas, cristalográficas e mecânicas, dependendo da sua finalidade. Este consiste em um material plástico, que atualmente substitui o metal em alguns casos devido a suas resistências mecânicas, as quais equiparam-se a metais de alta resistência, e devido ao fato de ser um material mais leve podendo assim, no caso de aeronaves e carros de corrida aumentar sua velocidade com uma redução no gasto de combustível e assim sair da inércia sendo necessário menos força.

Entendido o conceito de polímero é possível compreender que este material tem características únicas, como sua leveza, alta resistividade mecânica e versatilidade, que o tornam cada vez mais cobiçado na área de pesquisas científicas, e é a matéria prima para a fabricação da fibra de carbono. A matéria prima utilizada na fabricação da fibra é chamada de precursor, este geralmente é a poliacrilonitrila (PAN) como na Fig. 2, mas também pode-se utilizar o piche derivado do petróleo, e dependendo de qual matéria prima for utilizada, a fibra adquirirá diferentes propriedades. O processo de fabricação consiste em uma combinação de procedimentos químicos e mecânicos, com a utilização, inclusive, de gases e líquidos para manipular as características finais do material de acordo com as especificações requeridas.

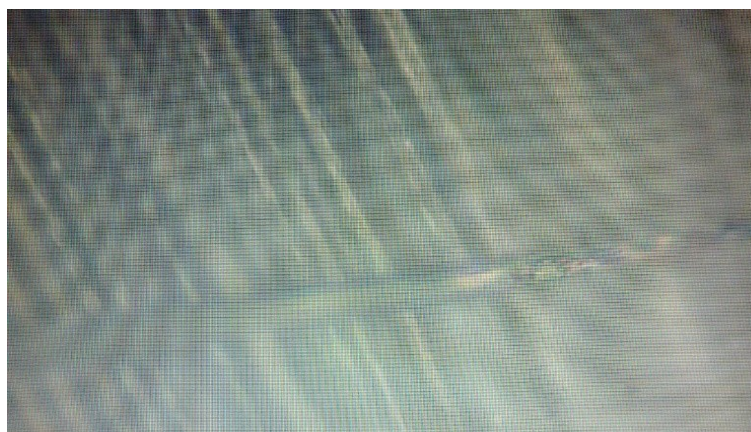


Figura 2. Fibra de carbono de precursor PAN obtido em microscópio eletrônico (fonte própria)

Mano (1999) nos define fibra como o termo genérico que designa um corpo flexível, cilíndrico, com pequena seção transversal, com elevada razão entre o comprimento e o diâmetro. As fibras industriais, naturais ou sintéticas, representam uma vasta proporção do total de polímeros consumidos no mundo. Um exemplo de fibra polimérica com grande potencial de aplicação é a fibra de carbono.

No que diz respeito a estrutura microscópica da fibra de carbono usual (precursor PAN) é possível caracterizá-la como um polímero de cadeias organizadas de forma a proporcionar as propriedades mecânicas desejadas. É importante citar que cada processo de fabricação e substâncias aglutinadoras utilizadas geram materiais com diferentes características de dureza, ductilidade e resistência a tração.

As cadeias em fibras são lineares e sem ramificações gerando sua elevada resistência mecânica sem o incremento de massa no material, assim tem-se um material leve e resistente. Podemos observar o arranjo dos monômeros na Fig. 2, temos uma visão clara da forma linear dos nanotubos de carbono presentes na estrutura.

É importante destacar que o grau de cristalização dos polímeros, em especial a fibra de carbono, influi diretamente em suas características mecânicas, entretanto um elevado grau de cristalização pode levar a fragilidade do material. É imperativo que seja feito o tratamento adequado para obter a orientação e o empacotamento das regiões cristalinas levando a uma boa distribuição das regiões amorfas do material.

No que diz respeito ao processo de fabricação da fibra, tomou-se como base o processo utilizado pela empresa Zoltek Carbon Fiber descrito em seu endereço eletrônico. Conforme observado na Fig. 3, a primeira etapa consiste na

extração da matéria prima, neste caso o processo utilizando o de precursor PAN, já que este é o material mais utilizado, a poliacrilonitrila é um polímero de adição composto de vários monômeros, estes sendo a acrilonitrila. Esta etapa é a fiação (spinning), ele é misturado a outro plástico e assim com o auxílio de um catalizador passa por um processo de polimerização, esta mistura passa por processamento térmico (thermoset) e é bombeado até uma câmara na qual evaporam-se os solventes para a formação de uma fibra sólida. No final deste processo a estrutura atômica ainda é desregular e bagunçada, a fiação é necessária para que os átomos se organizem, e assim são esticados até o diâmetro que quiser, tal processo ajuda nas ligações fortes dos cristais de carbono.

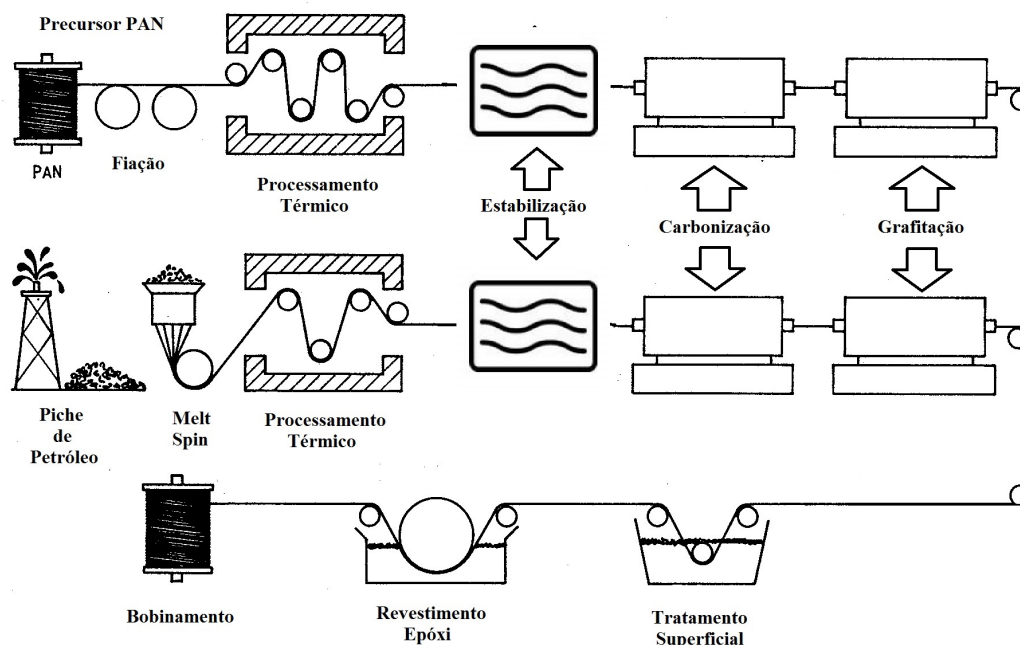


Figura 3. Esquema do processo de fabricação da fibra de carbono com precursor PAN (Adaptado de <http://zoltek.com>)

Este passo chama-se estabilização (stabilizing), elas são submetidas um jato de ar quente, de 200 a 300°C de 30 a 320 minutos, e assim mudam suas ligações interatômicas, utilizando o oxigênio do ar para essa reorganização, ficando prontas para o processo de carbonização (carbonize). Na carbonização as fibras são submetidas a altas temperaturas durante alguns minutos em um compartimento com gases, o qual não tem a presença de oxigênio, para evitar a combustão da fibra, a temperatura interna é maior do que a externa, a entrada e saída são seladas impedindo a contaminação por oxigênio, com essas altas temperaturas a fibra libera vários gases e perde muitas moléculas de oxigênio, e as que restam formam cristais de carbono (graphitize), constituindo ligações fortes.

Agora a superfície da fibra deverá ser tratada (surface treatment) pois para a maioria das aplicações da fibra ela precisa ser moldada com resinas epóxis, e após a carbonização ela ainda não tem boa aderência com estas. A superfície deve passar por um processo de oxidação, utilizando alguns gases, e adicionando oxigênio a sua superfície, para que assim a fibra adquira melhores propriedades químicas e mecânicas, tomando cuidado para não haver falhas e deixar o material com pontos de maior fragilidade. E por último a fibra será revestida (epóxi sizing) para sua proteção durante o manuseio para o armazenamento, os materiais mais utilizados para este processo são adesivos de epóxi, nylon, poliéster entre outros.

4. RESULTADOS

Utilizando o laboratório de ensaios mecânicos Centro Universitário do Distrito Federal, foi preparada a bancada de teste, fixando-se uma folha de acetato com fita adesiva, para uma superfície plana. Depois, esterilizou-se a bancada com jato de silicone, evitando que impurezas se misturassem ao processo e que não houvesse aderência do material a folha de acetato.

Conforme observado na Tab. 1, constatou-se que a resistência a compressão dos corpos de prova tubular de fibra de carbono é superior aos tubos feitos de alumínio e fibra de vidro, e apesar de ser necessário considerar a espessura de parede e diâmetro diferentes dos corpos de prova testados, ainda assim pode-se corroborar sua superior resistência mecânica. Associou-se que como a tensão aplicada a um corpo rígido num teste de compressão obedece uma relação direta entre força aplicada e a área de sua seção transversal, pode-se extrapolar que se tubo com 3,0 mm de espessura de

parede suportou $\tau = 40,01$ kN de carga até a ruptura, caso o tubo possuísse 2,1 mm de espessura aceitaria, teoricamente, $\tau = 21,01$ kN de carga até a ruptura.

$$\tau = \frac{F}{A}$$

Cita-se que o tubo de fibra de vidro testado possui maior espessura que os corpos de prova de fibra de carbono por uma questão de limitação na capacidade de fabricação no laboratório de testes utilizado, matéria prima e aditivos disponíveis para sua fabricação.

Observando os dados obtidos nos testes de resistência a compressão das peças tubulares de fibra de carbono, associou-se um erro referente ao próprio instrumento de medição e à dispersão dos dados observados, concluindo-se por um erro experimental total de 4,49 kN.

Tabela 1. Comparativo entre corpos de prova tubulares de vários materiais (fonte própria)

Material	Especificação (milímetro)	Carga de Ruptura a Compressão $\pm$ 4,49 (kiloNewton)
Fibra de carbono 1	Comprimento: 50 Espessura de parede: 3 Diâmetro: 28,3	28,34
Fibra de carbono 2	Comprimento: 50 Espessura de parede: 3 Diâmetro: 28,3	25,20
Fibra de carbono 3	Comprimento: 50 Espessura de parede: 3 Diâmetro: 28,3	23,73
Fibra de vidro	Espessura de parede: 4 Diâmetro: 32	40,01

Foi efetuado o teste de dureza Brinell em uma chapa de fibra de carbono, em um tubo de alumínio industrial e nos mesmo corpos de prova utilizados na “Tab. 1”. Estes resultados revelaram que as chapas possuem dureza Brinell próxima de 50 e são inferiores aos índices de durezas dos corpos tubulares e dos corpos de alumínio e fibra de vidro.

Tabela 2. Teste de Dureza Brinell corpos de prova com diferentes perfis e materiais (fonte própria)

Material	Índice de Dureza (Brinell)
Chapa de fibra de carbono - ponto 01 – espessura 1,9 mm	52,5
Chapa de fibra de carbono - ponto 02 – espessura 1,9mm	48
Tubo de fibra de carbono - parede de 1,4 mm	84
Tubo de fibra de carbono - parede de 1,4 mm	129
Tubo de alumínio – espessura 2,1 mm	72,5
Tubo de fibra de vidro – espessura 4 mm	92

5. DIFICULDADES E DESAFIOS PARA APLICAÇÃO EM LARGA ESCALA

Como dito anteriormente a fibra de carbono, teve grandes avanços em pesquisas no pós guerra, e com o tempo acreditou-se que ela viria substituir a fibra de vidro, e os metais, como o aço, apesar de sua gama de aplicações, tais como partes de carros de corrida, como na Formula 1, hélices para turbinas eólicas, ainda na parte aeronáutica, todavia ela é, predominantemente utilizada em áreas industriais ou onde há necessidade de um material mais resistente, onde o custo não é o ponto principal, pois ainda é um material dispendioso. “Callister (1991) destaca que cinquenta anos depois, ela ainda é um material exótico. Ela está no uniforme do Batman e nas partes de alto desempenho e nos painéis de carros caros, mas, custando 10 dólares por libra, ainda é muito cara para uso em massa”.

O Brasil também está engajado em pesquisas para a utilização da fibra, tentando reduzir seu custo. O país com a descoberta do pré-sal já extrai bastante petróleo das refinarias na costa brasileira, e pelo fato do petróleo ser uma das matérias primas para a fabricação da fibra de carbono. Em reportagem divulgada pela NEI Soluções, com participação de Luiz Depine de Castro, Presidente da Associação Brasileira de Carbono, cita-se que “um estudo de pesquisadores do Centro Tecnológico do Exército – CTEx, no Rio de Janeiro, com apoio da Petrobras, permitiu o desenvolvimento de tecnologia para a criação de fibra de carbono a partir do piche de petróleo. A vantagem da invenção brasileira é utilizar a parte pesada do petróleo – que usualmente é queimada como óleo combustível, sem aplicação nobre atualmente –, o que ajuda a baratear a fibra e a viabilizar seu uso em larga escala. Também reduz o valor da fibra a criação de um processo produtivo barato no CTEx”.

Com isso é possível obter-se um piche de melhor qualidade, sendo este um piche mesofásico, aqui no Brasil essa produção ainda se encontra em escala semi-industrial, entretanto há a possibilidade de que o país venha a produzir em larga escala, caso haja investimento da Petrobras e/ou do governo.

Segundo uma entrevista feita pela gazeta mercantil, em 2009, o Brasil ainda tem pouco investimento da área de fibra de carbono, e o único centro de pesquisa especializado até 2009 era o Centro Tecnológico do Exército, em Guaratiba, no estado do Rio de Janeiro, o qual contava com aproximadamente 40 pessoas, entre pesquisadores e técnicos, trabalhando em tempo integral para desenvolver essa tecnologia.

Estima-se que o mercado mundial de grafites especiais movimente em torno de 2 bilhões de dólares anuais, isso sem contar as fibras de carbono especiais e os nanotubos de carbono, entretanto esse mercado ainda é muito restritivo pelo custo de fabricação destes materiais. Por exemplo, o quilo de fibra de carbono varia entre 30 e 100 dólares, como medida de comparação o barril de petróleo com algo em torno de 160 litros custa atualmente, aproximadamente, 50 dólares. É a matéria prima utilizada que gera este alto custo de fabricação. Além de sua preocupação com a sustentabilidade.

No entanto, a fibra de carbono desenvolvida no Brasil pelo Centro Tecnológico do Exército (CTEx) tem custo bem menor, já que o piche de petróleo é abundante no processo de refino, barateando o custo de produção. O custo estimado da fibra de carbono brasileira está entre US\$ 10 e US\$ 15 por quilo, valores bem inferiores aos praticados no exterior. E a tendência é de maior queda a partir da produção em massa e início do refino das bacias associadas a região pré-sal.

No dia a dia, seria muito útil ter alguns objetos feitos de fibra de carbono, por exemplo, caso os carros fossem produzidos em larga escala com fibra de carbono, teríamos automóveis mais leves, resistentes e até mais potentes, além de grande economia de combustível.

Conforme informações da Ford Media Center, a Ford estabeleceu uma parceria com a DowAksa e o Departamento de Energia dos Estados Unidos para pesquisar a produção e uso em larga escala de fibra de carbono nos automóveis. O objetivo é desenvolver componentes de fibra de carbono de baixo custo para tornar os veículos mais leves e aumentar a economia de combustível, sem perda de desempenho. O conceito Ford GT com carroceria de fibra de carbono e o Mustang Shelby GT350R com rodas desse material, apresentados no Salão de Detroit, são exemplos dessa aplicação.

As fibras são utilizadas em diversas áreas específicas. No âmbito industrial, é um material vantajoso, pois suas características mecânicas e boa resistência a corrosão, por ser um material plástico, propiciam enorme gama de aplicações, por exemplo na área de saúde onde são utilizados polímeros plásticos em próteses dentárias, e na medicina, em órteses e próteses ortopédicas, entre outras. As aplicações citadas destacam sua importância na engenharia dos materiais.

Em sua entrevista, o Engenheiro Luiz Delpine de Castro destaca que uma grande opção de aplicação da fibra é na nanotecnologia, já que ela impulsiona sonhos futuristas, como o elevador espacial, grande sonho da Agência Espacial Norte-americana – NASA, que trata da troca de informações e até objetos por tubos feitos com nanotubos de carbono.

Aqui estão alguns valores divulgados na entrevista à gazeta mercantil, dos investimentos feitos na área de nanotecnologia, para efeito de comparação. Somente em nanotecnologia, em 2003, o Japão investiu algo ao redor de US\$ 1 bilhão; os EUA, US\$ 774 milhões, a Coreia, US\$ 757 milhões; e o Brasil, em 2004, US\$ 97 milhões.

6. CONCLUSÃO

Baseado neste trabalho, conclui-se que para obter-se um produto de qualidade, tendo como matéria prima a fibra de carbono, necessita-se um conhecimento profundo de seu processo de fabricação, pois este não é simples, primeiramente é preciso ter conhecimento na área química, estudando como as moléculas encontram-se organizadas para poder entender e modificar seus agrupamentos com o intuito de se obter características específicas para cada fim os quais o material será utilizado. Além de conhecimentos a respeito de engenharia dos materiais para poder estudar e compreender como este material poderá ser empregado tendo em vista suas resistências, e neste artigo foi feito uma análise de sua resistência a compressão em comparação a fibra de vidro, testes de dureza entre as fibras de vidro e carbono e um tubo de alumínio.

Com isso, é possível entender a razão deste material ser tão caro, já que a matéria prima é transformada incessantemente durante todo o processo de sua fabricação, quer por processos químicos ou mecânicos, como observado na matéria publicada no portal Instituto de Engenharia. É necessário levar em consideração que quando produzido industrialmente a probabilidade de existência de pontos de fragilidade é próxima a zero. Portanto há vários cientistas, químicos, engenheiros e outros profissionais na busca por métodos de fabricação mais rápidos, eficientes e mais acessíveis para produção deste material em larga escala, principalmente por suas características únicas, além disso há estudos para se obter produtos base diferentes para redução destes custos.

A complexidade do processo de fabricação da fibra de carbono deixa claro que para que este material tenha maior utilização em escala industrial será necessária a redução dos custos em sua matéria prima. Conforme observado nos testes de resistência a compressão realizados, a fibra de carbono possui aceitável resiliência comparada a outras fibras e, ainda, pode ter suas propriedades mecânicas manipuladas de forma a incrementar determinada característica, como dureza, rugosidade superficial ou mesmo sua resistência à tração.

Os dados levantados devem ser considerados observando que as amostras de fibra de carbono utilizadas foram fabricadas de modo experimental, com base em material fornecido pelo Hospital Sarah de Brasília, submetido a testes laboratoriais em equipamentos adaptados para tal. Outro fato relevante é a ergodicidade da amostra utilizada é inferior a ideal, ainda assim os dados são relevantes e permitem corroborar a tese de que há extrema aplicabilidade das fibras de carbono.

Infere-se que a fibra de carbono derivada da poliacrilonitrila já possui tecnologia de fabricação consolidada e não apresentou grande redução no custo de fabricação nos últimos anos, entretanto é extremamente promissor o uso como insumo básico do piche de petróleo, mesmo diante da crescente escassez de fontes petrolíferas. O piche, além de ser um subproduto pouco utilizado, possui menor custo como matéria prima e seu uso segue o princípio da sustentabilidade.

As propriedades mecânicas das fibras de carbono são superiores a vários materiais atualmente utilizados pela indústria, como aço, alumínio e fibra de vidro e possui massa inferior a todos estes materiais, além poder ser manipulada afim de se obter as características de dureza, ductilidade e resistência mecânica, assim, a fibra de carbono é o material mais adequado para o desenvolvimento das tecnologias futuras, tanto no meio energético como também na nanotecnologia.

Entretanto, os elevados custos que ainda permeiam a tecnologia os tem impedido de consolidar-se como um material usual e de largas aplicações. A única forma de maximizar o uso de fibras e outros compósitos de carbono é através do desenvolvimento de tecnologias que barateiem sua fabricação. Estas pesquisas necessitam de fomentos quer da iniciativa privada quer da pública.

É imperativo, diante do cenário de crise energética associada a degradação intensa do meio ambiente do planeta, que novas tecnologias de inovação e utilização de recursos que antes seriam descartados ou queimados indiscriminadamente, assim como os resíduos petrolíferos, sejam implementadas e incentivadas. As tecnologias associadas ao carbono são soluções viáveis para várias áreas da Engenharia e da Ciência indo desde matérias de construção civil ou mecânica, até componentes eletrônicos de alta performance.

7. REFERÊNCIAS

- Callister Jr., W. D., Ciência e Engenharia dos Materiais, uma introdução, 7ª Edição, Ed. Guanabara, 2008.
 FIBRA DE CARBONO. MCs. Guilherme Wolf Lebrão, Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia.
<https://www.zoltek.com/carbonfiber/how-is-it-made/>
http://www.institutodeengenharia.org.br/site/noticias/exibe/id_sessao/4/id_noticia/6008/Por-que-a-fibra-de-carbono-é-tão-car
http://media.ford.com/content/fordmedia/fsa/br/pt/news/2015/01/29_msm_moved/ford-acelera-pesquisa-para-o-uso-de-fibra--de-carbono-nos-automo.html
<http://www.nei.com.br/artigo/tecnologiabrasileira-permite-reduzir-custo-da-fib>

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

Polymers – Carbon Fiber: mechanical and chemical properties, manufacturing progress and its large scale applications difficulties

Código CON-2016-0705

Abstract. For a long time, the Carbon Fiber has been an undervalued material by scientists because they doubted it would have a practical use on people's daily routine, since its use was considered restricted to science fiction movies. Nowadays we can see carbonaceous polymers being used on civil construction, automobile industry, in steel's fabrication process and even in the sports industries. This article's objective is to discuss about the relevance and the challenges of polymers use, especially the carbon fiber, the future technologies, its difficulties and challenges on its application in day to day, large scale manufacturing and to consolidate as a viable solution to the sustainability requirements and efficiency which science has sought for the new machines and equipments. We do a brief historical of the technological development associated to the carbon fiber explaining the path taken in the research's context of and discoveries until today, after that we have a contextualizing of its applications, costs and encouragements in the scientific community. Were made comparative tensile testing, compressibility and hardness among some types of carbon fibers and other materials such as aluminum and fiberglass, to illustrate and apply the theory studied.

Keywords: Carbon fiber, carbon, crystallography, manufacturing process