




COMPÓSITOS DE FIBRA DE CARBONO PARA REFORÇAR ESTRUTURAS DE CONCRETO

**PIONEIROS
E
DADOS TÉCNICOS**

	Arquivo Técnico:	AT: 002-20	Pág.:	1 de 6
	Data de emissão:	09/02/2020	Rev.:	00
	Fibra de carbono - História e dados técnicos			

1. Sistema de reforço estrutural com fibra de carbono – Início

A ideia de reforço das estruturas de concreto armado com CFC (Compósitos de fibra de carbono) surgiu no início dos anos 80 no Japão. Os abalos sísmicos nessa região da Ásia, causando diversos danos às estruturas, mostraram a necessidade de recuperação e reforço em curto intervalo de tempo. Esses foram os principais aspectos considerados para utilização desse material no confinamento de pilares (Machado, 2004).

No Brasil a primeira aplicação de CFC para reforço estrutural ocorreu em 1998 no viaduto Santa Tereza localizado em Belo Horizonte. O CFC foi escolhido principalmente por aspectos estéticos, pois se tratava de uma estrutura tombada pelo patrimônio histórico (Beber, 2003).

Os primeiros pioneiros a utilizar os compósitos de fibra de carbono em estruturas foram os Japoneses que diante da necessidade do fortalecimento e o reforço da capacidade dos seus elementos estruturais para suportar os abalos sísmicos causados por terremotos em um curto espaço de tempo.

2. Utilizações das fibras de carbono

Suíça – Usaram placas de fibra de carbono coladas nas estruturas de concreto para substituir as chapas de aço usadas para a mesma finalidade.

EUA – Utilizaram 34000 m² de tecidos de fibra de carbono para reforçar 5200 vigas pré-moldadas de seção duplo “T”, interdição de 4 meses para execução do reforço à cisalhamento.

Canadá – O sistema de reforço estrutural foi utilizado após a recuperação de pilares de concreto como corrosão no cintamento para desenvolver a segurança original da estrutura e como barreira à umidade.

Brasil - A primeira aplicação do sistema de reforço estrutural com fibras de carbono ocorreu em 1998 no viaduto Santa Tereza localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais, onde foram realizados reforços com flexão e cisalhamento. Para a execução desse reforço estrutural foram 3870m² de lâminas de fibra de carbono.

3. O que são fibras de carbono?

Segundo (Machado, 2002), as fibras de carbono resultam do tratamento térmico (carbonização) precursoras orgânicas tais como poliacrilonitril (PAN) ou com base no alcatrão derivado do petróleo ou do carvão (PITCH) em um ambiente inerte.

O processo produtivo consiste na oxidação dessas fibras precursoras seguido do processamento de elevadas temperaturas (variando de 1000°C à 1500°C para as fibras de carbono).

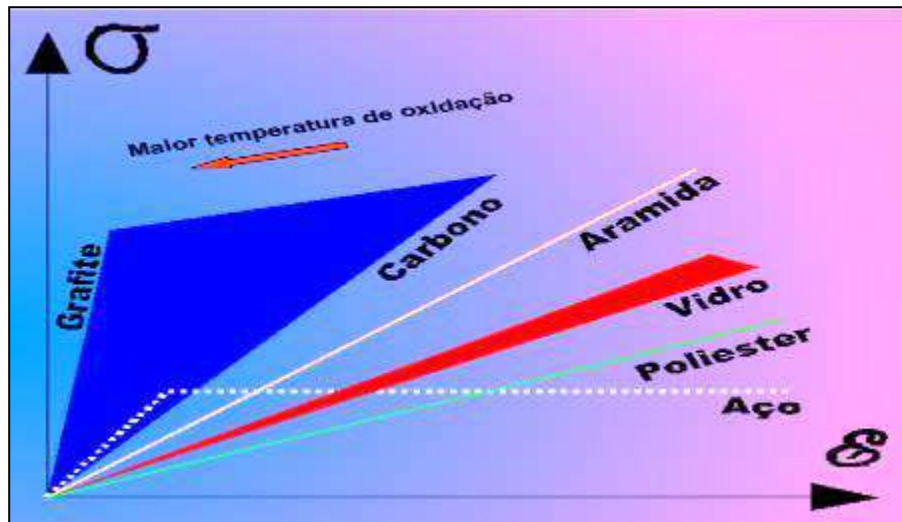



Figura 1 - Diagrama Tensão vs. deformação da fibra

Nesse processo térmico, as fibras resultantes apresentam átomos de carbono perfeitamente alinhados ao longo da fibra precursora, característica que confere extraordinária resistência mecânica ao produto final.

De modo geral, os sistemas compostos estruturados que utilizam as fibras de carbono como elemento resistente apresentam as seguintes características:

- Alta resistência mecânica;
- Extraordinária rijeza;
- Elevada resistência a ataques químicos diversos;
- Não são afetadas por corrosão por ser tratar de um produto inerte;

	Arquivo Técnico:	AT: 002-20	Pág.:	3 de 6
	Data de emissão:	09/02/2020	Rev.:	00
	Fibra de carbono - História e dados técnicos			

- Boa estabilidade térmica e reológica;
- Bom comportamento a fadiga e à atuação de cargas cíclicas;
- Baixo peso específico, da ordem de 1,6g/cm³ e 1,9g/cm³, cerca de 4 ou 5 vezes a do aço convencional comercializado, a mesma ordem de 7,85g/cm³.

O coeficiente de dilatação térmica dos compostos unidirecionais de fibra de carbono varia segundo suas direções longitudinal e transversal e dependem do tipo de fibra, da resina, e o volume de fibra no composto.

A temperatura a partir da qual o polímero começa a “amolecer” é conhecida como temperatura de transição vítrea (Tg). Acima dessa temperatura o módulo de elasticidade é significativamente reduzido a mudanças em sua estrutura molecular. O valor de Tg depende fundamentalmente do tipo da resina, mas normalmente se situa na faixa entre 80°C a 100°C. Em um material composto de fibra de carbono, que possuem melhores propriedades térmicas do que as resinas podem continuar suportando alguma carga em sua direção longitudinal até a sua temperatura limite seja alcançada (situada no entorno de 1500°C).

Os sistemas compostos estruturados com fibras de carbono, CFC, são constituídos com dois elementos distintos e fundamentais:

- A matriz polimérica, a quem cabe a função de manter as fibras de carbono que as estruturam coesas, propiciando a transferência das tensões de cisalhamento entre os dois elementos estruturais, concreto e fibra de carbono;
- O elemento estrutural, constituído pelas fibras de carbono. As fibras dispostas unidirecionalmente dentro das matrizes poliméricas absorvem as tensões de tração decorrentes dos esforços solicitantes atuantes.



Figura 2 - Representação esquemática de um sistema de fibras de carbono

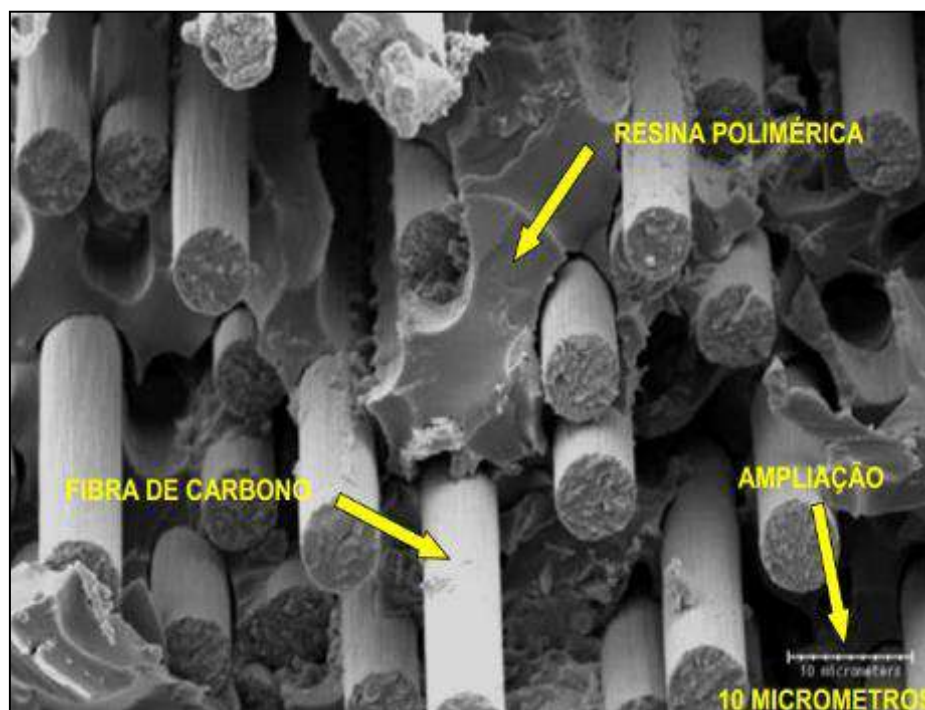



Figura 3 - Ampliação em microscópio eletrônico de um sistema composto com fibras de carbono

	Arquivo Técnico:	AT: 002-20	Pág.:	5 de 6
	Data de emissão:	09/02/2020	Rev.:	00
	Fibra de carbono - História e dados técnicos			

As fibras de carbono mesmo sendo limitadas em uma única direção por causa de seus fios alinhados, permitem a possibilidade de reforço em várias direções adequando uma sobreposição nos encontros e cruzamentos de tecidos, formando assim algo parecido como os nós de vigas construídas para suportar cargas concentradas de elementos estruturais.

Manta de fibra de carbono: são tecidos de 0,17mm de espessura comparado a um tecido de algodão uma camiseta, com peso próprio quase desprezível, coladas sobre a superfície da estrutura com material epóxi. A flexibilidade da manta permite que seja aplicado em superfícies irregulares que apresentam uma planicidade em toda a sua extensão.

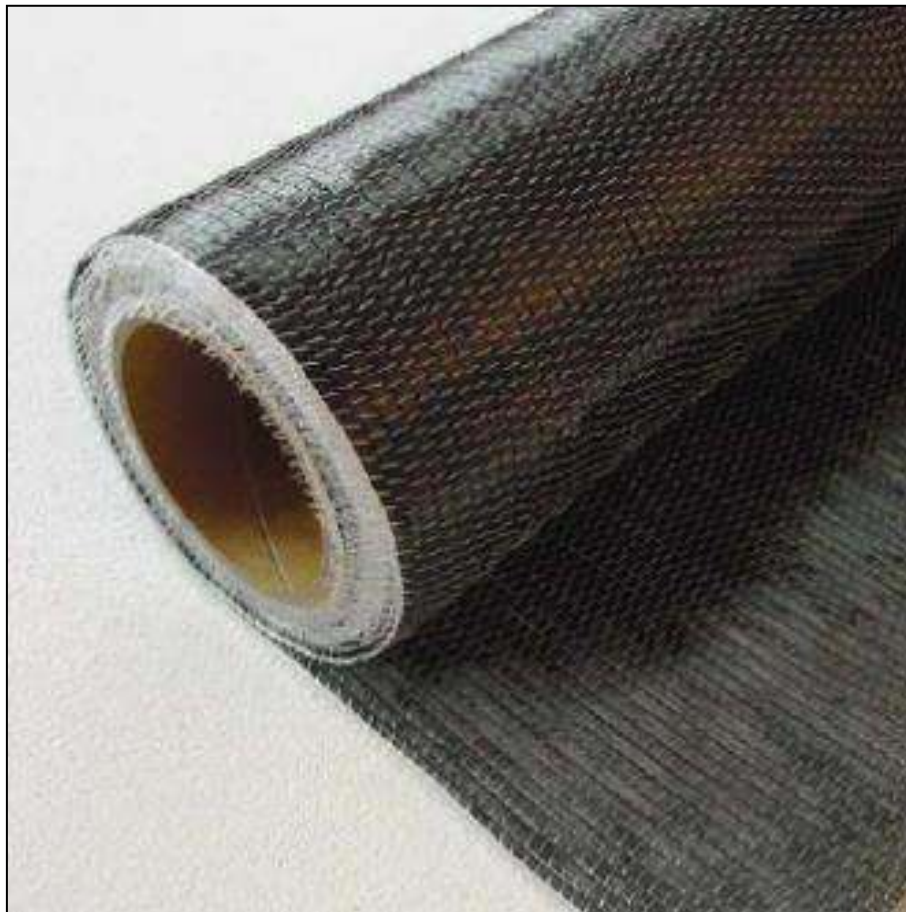



Figura 4 - Manta de Fibra de carbono

	Arquivo Técnico:	AT: 002-20	Pág.:	6 de 6
	Data de emissão:	09/02/2020	Rev.:	00
	Fibra de carbono - História e dados técnicos			

Como desvantagens, o sistema de reforço com CFC apresenta incompatibilidade com superfícies irregulares, baixa resistência ao fogo e à exposição a raios ultravioletas, e pode estar sujeito ao vandalismo. Estes problemas também são apresentados por outros sistemas de reforço, como as chapas de aço coladas com resina epóxi.

A manta ou tecido de fibra de carbono unidirecional normalmente é comercializada em rolo de largura padrão de 50 centímetros e em comprimentos longos de 100m. Um rolo, por exemplo, de 100m de comprimento e 0,50m de largura pesa em torno de 15kg.

Nos projetos de reforço estrutural com fibra de carbono os comprimentos e as larguras previstas atendem aos cálculos e as dimensões de cada elemento estrutural e dificilmente será usado um rolo inteiro, conforme metragem previamente dimensionada as mesmas terão que cortadas.

Tabela 1 - Propriedades físicas e mecânicas das mantas de fibras de carbono

Massa Unitária/Peso:	300g/m ²
Massa Especifica/Densidade:	1,80 g/m ³
Espessura de Projeto:	0,167mm
Resistência à Tração de Projeto:	3550 mPa
Módulo de deformação à tração/Elasticidade:	235 gPa
Alongamento à ruptura:	1,50%