

2

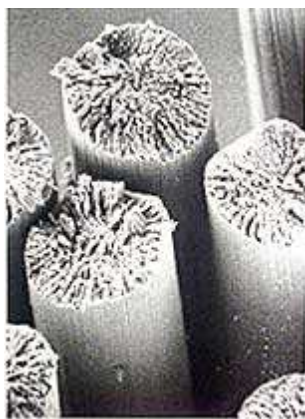
Reforço Estrutural com Compósitos de Fibras de Carbono

2.1.

Introdução

A partir de 1980 a produção comercial de fibras de carbono desenvolveu-se em grande escala no Japão. Isto ocorreu como resultado da crescente atenção para o problema ambiental. Os construtores de automóveis passaram a usar os materiais compósitos de fibras de carbono para reduzir o peso das peças dos automóveis, o que leva a um menor consumo de combustível. Na indústria petrolífera cada vez mais a redução de peso para cabos de apoio de construções *offshore* e dos tubos para bombear óleos são necessárias, daí o uso deste material. A micrografia estrutural das fibras de carbono é apresentada na Figura 2.1.

Para aumentar a vida útil das estruturas de concreto, tais como pontes, edifícios e construções industriais, o reforço com compósitos de fibras de carbono está sendo muito utilizado, pois se trata de medida eficaz para aumentar a resistência dessas estruturas.



X 1.500



X 3.000



X 20.000

Figura 2.1 – Micrografia estrutural das fibras de carbono

(<http://www.carbonfiber.gr.jp/english/>, visitado em 20/09/08).

No Brasil o uso da técnica do reforço com compósito de fibras de carbono (CFC) ocorreu pela primeira vez em 1990 com o reforço do viaduto Santa Tereza em Belo Horizonte.

O sistema de reforço com CFC é indicado também quando ocorre mudança de utilização da estrutura, erros de projetos ou construção e para a reabilitação após abalos sísmicos ou incêndios, etc.

Esse sistema é indicado para reforço de vigas, lajes, paredes, pilares, etc.

A sua boa flexibilidade permite a adaptação a várias formas, e a facilidade de aplicação leva à economia de custos e redução do tempo de paralisação, além de ser não-corrosivo, o que garante maior durabilidade e quase nenhuma manutenção.

Este capítulo apresenta os tipos de fibras e tipos de resinas para fabricação de materiais compósitos e algumas aplicações desses produtos na Engenharia Civil.

2.2. Tipos de Fibras

As fibras são os elementos que proporcionam a resistência e a rigidez que se pretende atribuir aos materiais compósitos (Figura 2.2).

Fibras de Carbono: as principais propriedades são rigidez, leveza, baixa deformação, satisfatória condutividade térmica e reduzido peso específico.

Fibras de Aramida: grande resistência mecânica; não corrói em água doce nem em água salgada e é incombustível.

Fibras de Vidro: bom isolante térmico, boa resistência ao fogo, alta resistência mecânica, etc. É um material compósito produzido basicamente a partir da aglomeração de finíssimos filamentos flexíveis de vidro com resina poliéster (ou outro tipo de resina), e posterior aplicação de uma substância catalisadora de polimerização.



Figura 2.2 – Fibras de vidro, aramida e carbono

(<http://www.fibertex.com.br/plasticoreforcado.htm>, visitado em 20/09/08).

2.3. Tipos de Resina

As matrizes poliméricas são responsáveis por envolver as fibras e transmitir as forças externas para as mesmas por meio das tensões tangenciais.

As resinas são os componentes mais importantes da matriz. Existem dois grupos de matrizes: as termoplásticas e as termo-rígidas ou termofixas. A escolha do tipo a utilizar é condicionada pelas propriedades que se pretendem obter e pelo custo de produção.

As resinas termo-rígidas são caracterizadas como ideais para confecção dos CFC, porque proporcionam boa estabilidade térmica, boa resistência química e baixa fluência em relação às termoplásticas. As resinas termofixas curam num estado irreversível, porque sua estrutura molecular é interligada.

Como exemplo de resinas termofixas para compósitos tem-se o epóxi, as resinas fenólicas, etc.

Uma resina termoplástica tem estrutura molecular linear, que amolece repetidamente quando aquecida até o seu ponto de fusão e endurece quando resfriada. As resinas termoplásticas apresentam melhor tenacidade e um valor de deformação específica à ruptura mais elevada. Como exemplos de resinas termoplásticas para compósitos tem-se o polipropileno, o polietileno, etc.

2.4. Compósitos de Fibras de Carbono

Os materiais compósitos são uma combinação de pelo menos dois materiais, que após a união ainda são identificados, sendo que juntos as propriedades do compósito por vezes se tornam superiores às de seus constituintes em separado (Figuras 2.3 e 2.4).

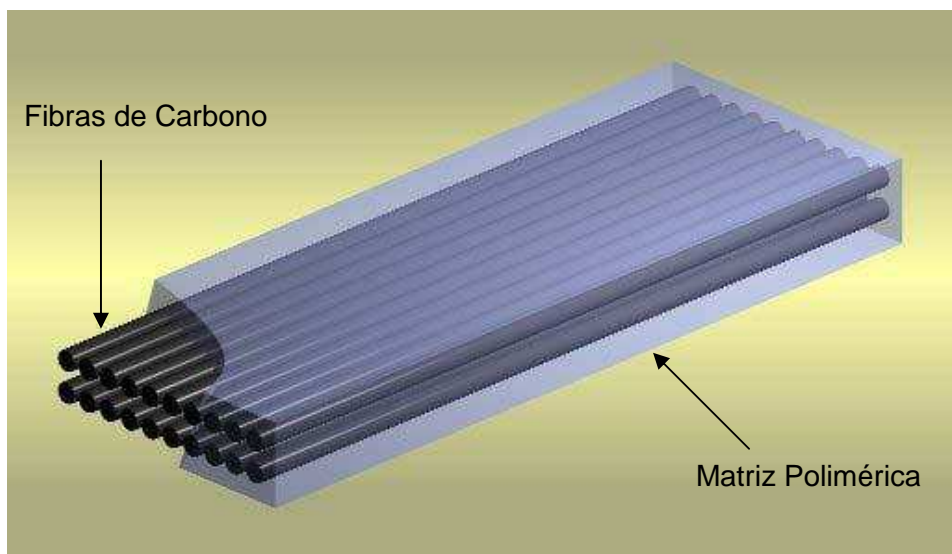


Figura 2.3 – Compósito de fibras de carbono

(http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulos/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).

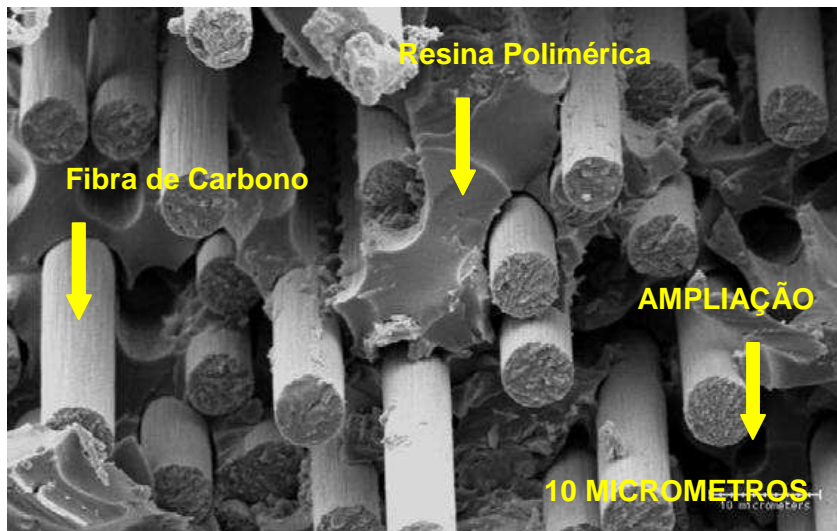


Figura 2.4 – Ampliação em microscópio eletrônico da matriz polimérica

(http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).

Os compósitos são formados pela matriz e por fibras dispostas aleatoriamente ou em direções definidas. A matriz serve como meio de transferência e distribuição de tensões entre as fibras, protege de agressões exteriores e impede os deslocamentos horizontais e transversais das fibras. As fibras têm a finalidade de restringir a propagação das fissuras funcionando como ponte de transferência das solicitações, garantindo assim a capacidade resistente após a abertura da mesma.

2.5. Aplicações do CFC na Engenharia Civil

Em 1996 foi concluída a primeira ponte que utilizou cabos de compósitos de fibras de carbono: a ponte Stork na Suíça. Dois dos seus 24 cabos são constituídos de compósito de fibras de carbono. Os demais cabos são de aço (Figuras 2.5 e 2.6).



Figura 2.5 – Ponte Storchen na Suíça

(<http://www.compositesworld.com/ct/issues/2006/February/1180/3>).

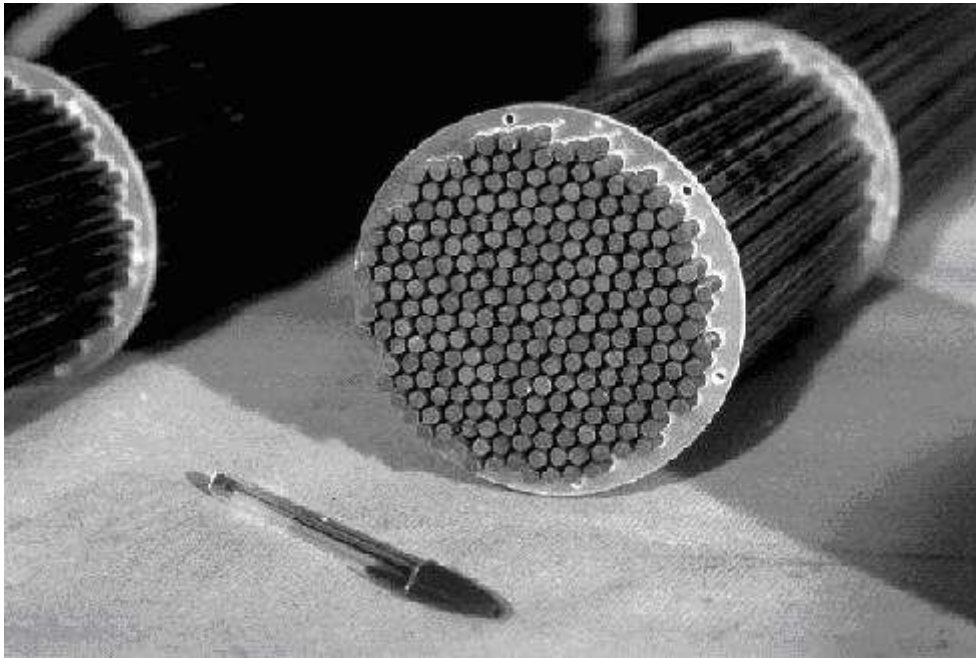


Figura 2.6 – Cabo de compósito de fibras de carbono utilizado na Ponte Storchen em Switzerland (<http://www.compositesworld.com/ct/issues/2006/February/1180/3>).

A ponte Jamestown–Verrazano em Rhode Island foi reforçada com sucesso com compósito de fibras de carbono no início de 2006. A ponte concluída em 1992 liga as cidades de Jamestown e North Kingstown sobre Narragansett Bay e substitui uma ponte em treliça. O trabalho de reforço foi desafiador devido às condições meteorológicas e ao difícil acesso (Figura 2.7).



Figura 2.7 – Reabilitação de ponte utilizando CFC (<http://www.compositesworld.com/ct/issues/2006/April/1240>).

As Figuras 2.8 a 2.15 mostram fotos de aplicações dos compósitos de fibras de carbono em reforços de estruturas de concreto.



Figura 2.8 – Laje e viga reforçada no viaduto de Santa Tereza

(http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).



Figura 2.9 – Reforço em console (<http://www.kcg.cc/index.php?id=117> visitado em 18/05/2009).



Figura 2.10 – Reforço á flexão e à força cortante de viga externa do Edifício da Alcan Alumino do Brasil em Ouro Preto

(http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).



Figura 2.11 – Reforço de pilares retangulares e de colunas

(http://media.wiley.com/product_data/excerpt/61/04716812/0471681261.pdf, visitado em 20/09/08).



Figura 2.12 – Reforço da Torre da Rede Globo de Televisão no Rio de Janeiro RJ

(http://www.cesec.ufpr.Br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).



Figura 2.13 – Fábrica de Laticínios Itambé em Sete lagoas MG (http://www.cesec.ufpr.-Br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf).



Figura 2.14 – Fábrica de Laticínios Itambé em Sete lagoas MG, onde foi executado um reforço ao redor dos furos na laje (http://www.cesec.ufpr.Br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).



Figura 2.15 – Reforço da viga à flexão e à força cortante na Fundação Mineira de Educação e Cultura – FUMEC

(http://www.cesec.ufpr.br/pet/titulo/biblioteca/seminarios/arquivo_seminarios/construcao_civil/reforco_estrutural_com_fibras_de_carbono.pdf, visitado em 20/09/08).