



INNOVATIONS FOR LIVING®

Reforço de Fibra de Vidro Guia de Resistência Química

Para a seleção de reforços de fibra de vidro em Polímero reforçado da fibra de vidro (PRFV) para ambientes corrosivos



EDIÇÃO 1A

Publicado em março de 2011

Para a edição mais recente, visite o site da Web do Owens Corning Advantex®:
www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp

Para obter informações adicionais, recomendações ou suporte, entre em contato com:

Américas

advantex.americas@owenscorning.com | 614.777.1384

Ásia Pacífico

advantex.asiap@owenscorning.com | +86.81.940.2997

Europa

advantex.europe@owenscorning.com | +46.346.85807

AVISO JURÍDICO: As informações e dados contidos aqui são oferecidos exclusivamente como um guia na seleção de reforços. As informações contidas nesta publicação são baseadas em dados de laboratório reais e experiências de testes em campo. Nós acreditamos que estas informações sejam confiáveis, mas não garantimos sua aplicabilidade para o processo do usuário ou assumimos qualquer responsabilidade ou obrigação que possa surgir de seu uso ou desempenho. O usuário concorda em ser responsável por testar completamente todas as aplicações para determinar sua adequação, antes de se comprometer com a produção. É importante para o usuário determinar as propriedades de seus próprios compostos comerciais ao usar este ou qualquer outro reforço. Devido aos diversos fatores que afetam os resultados, nós não oferecemos garantia de qualquer tipo, expressa ou implícita, incluindo aquelas de comercialização e conveniência para um fim específico. As declarações nesta publicação não devem ser interpretadas como representações ou garantias ou como induzimentos para infringir qualquer patente ou violar qualquer código de segurança de lei ou regulamento de seguro. Owens Corning se reserva o direito de modificar este documento sem aviso prévio.

Prefácio:

É um prazer apresentar, pela primeira vez, este guia de resistência contra corrosão para fibras de vidro, desenvolvido para ajudar os usuários finais, engenheiros e fabricantes a selecionarem o reforço ideal para uso em uma aplicação com polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) para enfrentar um ambiente corrosivo.

Os reforços de fibra de vidro executam uma função essencial no desempenho de uma aplicação de PRFV em ambientes corrosivos. Conseqüentemente, a escolha do reforço de fibra é um fator essencial no desempenho contra à corrosão, diminuindo o risco de falha.

A Owens Corning está em posição de apresentar este guia, devido nosso conhecimento dos materiais compósitos. Esta competência permitiu à Owens Corning inventar a maioria dos tipos de fibra de vidro utilizados atualmente no PRFV. Estamos fornecendo agora esta ferramenta, com base na ciência, testes de laboratório e experiência no campo, para ajudá-lo a equilibrar os custos e desempenho na seleção da fibra de vidro com melhor desempenho para uso em ambientes corrosivos.

Com mais de 50 anos de experiência no campo, o polímero reforçado com fibra de vidro (PRFV) é uma tecnologia comprovada para o combate à corrosão. Tanques e tubos construídos com compósitos resistentes à corrosão têm oferecido vida útil prolongada em relação aos materiais construídos com metais. Por isso, o PRFV é usado agora regularmente para substituir o aço inoxidável de alto custo e outras ligas metálicas.

Estabelecendo-se a partir deste registro de sucesso, espera-se atualmente que os compósitos de PRFV sejam usados em ambientes mais robustos. Há uma proliferação de aplicações onde as propriedades especiais de resistência à corrosão são necessárias, como equipamentos para controle de poluição, mineração, processamento de produtos químicos, centrais elétricas e diversas aplicações navais em água do mar; incluindo instalações de geração de energia por ondas do mar.

Você pode esperar atualizações para este guia, à medida que mais dados forem desenvolvidos e analisados e a Owens Corning continue a avançar no conhecimento de compósitos PRFV e transforme o mundo dos materiais com soluções avançadas.



Dr. Ashish Diwanji
Vice-presidente, Innovation
Composites Group



ÍNDICE

Prefácio do Dr. Ashish Diwanji – VP Innovation, Owens Corning.....	3
Comparação de tipos de fibra de vidro, atributos, preço e resistência.....	5
Papel da fibra de vidro em uma peça de PRFV.....	5
Padrões da indústria ASTM D 578 4.2.4 e ISO 2078; Recomendações de uso do tipo de vidro em ambientes corrosivos.....	6
Por que a seleção do tipo de vidro é essencial em ambientes corrosivos?	6
Processos de fabricação comuns onde as fibras de vidro são utilizadas	7
Solução para a corrosão da Owens Corning: elimine o risco... Coloque o vidro Advantex®	7
Tipos de produto de vidro Advantex® disponíveis.....	8-9
Documentação de uma especificação para estruturas PRFV usadas em ambientes corrosivos.....	10
Formulário de recomendação contra a corrosão	11
Descrição de uso do guia contra a corrosão	12-13
Resumo dos resultados do teste e recomendações gerais.....	14
Guia sobre a corrosão da fibra de vidro Resultados de testes químicos.....	15-29
Anexo A – Descrição de métodos de teste.....	30-31

INTRODUÇÃO

A seleção do tipo de fibra de vidro apropriada é essencial para fornecer uma vida mais longa e reduzir o risco de falhas dos compósitos. Há muitos tipos de reforços de fibra de vidro no mercado. A Owens Corning está fornecendo esta ferramenta para ajudá-lo a selecionar a melhor fibra de vidro para uso em ambientes corrosivos, considerando os custos e desempenho.

Desde o início, a Owens Corning tem sido a principal inventora de inovações relacionadas à fibra. A tabela a seguir descreve a evolução histórica da composição das fibras de vidro.

Tipos de fibra de vidro usados atualmente em compósitos incluem

Tipo de vidro	Ano de invenção	Principal atributo	Resistência	Preço	Inventor
Vidro tipo A	1938	Isolante	Baixa	\$	Owens Corning
Vidro tipo E	1939	Grade elétrica	Moderada	\$	Owens Corning
Vidro tipo C	1943	Resistente à corrosão	Baixa	\$	Owens Corning
Vidro tipo R	1965	Alta resistência	Alta	\$\$	Saint-Gobain ¹
Vidro tipo S	1965	Alta resistência	Muito alta	\$\$\$	Owens Corning
Vidro tipo AR	1974	Resistente ao álcali	Baixa	\$\$	Owens Corning
Vidro tipo E-CR	1980	Resistente à corrosão	Moderada	\$	Owens Corning
Vidro Advantex [®]	1996	Resistente à corrosão	Moderada	\$	Owens Corning
Vidro tipo H	2004	Alta rigidez	Moderada	\$\$	Saint-Gobain ¹
HPG ²	2004	Alta resistência	Alta	\$\$	Owens Corning
Fusão direta-S	2008	Alta resistência/rigidez	Muito alta	\$\$\$	Owens Corning

1 – Owens Corning adquiriu os reforços de fibra de vidro e negócios de tecidos técnicos da Saint-Gobain em novembro de 2007.

2 – HPG é um acrônimo para fibras de vidro de alta resistência

O PAPEL QUE OS REFORÇOS DE FIBRA DE VIDRO DESEMPENHAM NAS APLICAÇÕES DE PRFV

- Fornece a estrutura mecânica (resistência e rigidez) exigida na aplicação de PRFV
- Tipo do vidro otimiza o desempenho contra à corrosão

É prática geral utilizar fibra de vidro em barreira contra a corrosão e na parte estrutural. Para otimizar o projeto do PRFV e reduzir riscos, o tipo de vidro correto deve ser especificado.

PADRÕES DA INDÚSTRIA QUE RECOMENDAM O TIPO DE VIDRO PARA PRFV EM AMBIENTES CORROSIVOS

A. Designação ASTM

A norma ASTM D 578 - Seção 4.2.4 indica que: "A nomenclatura "Vidro do tipo E-CR" é usada para composições modificadas de vidro tipo E **livres de boro**, para a **resistência aprimorada contra a corrosão** pela maioria dos ácidos."

B. Padrão internacional

ISO 2078 – Designação: Seção 4.1.1 Vidro usado: "Uma ou diversas letras para especificar o vidro usado pelo fabricante (consulte tabela à direita)."

- O vidro tipo E é indicado para aplicações gerais, onde as condições ambientais não são consideradas no projeto.
- O vidro tipo E-CR é projetado para uso em ambientes corrosivos

Tipo	Indicações gerais
E	Para fins gerais; boas propriedades elétricas
D	Boas propriedades dielétricas
A	Alto conteúdo de álcali
C	Resistência química
S	Alta resistência mecânica
R	Alta resistência mecânica
AR	Resistente ao álcali
E-CR	Para uso em ambiente ácidos

(Fonte: ISO 2078)

POR QUE A SELEÇÃO DO TIPO DE VIDRO É ESSENCIAL EM AMBIENTES CORROSIVOS?

Quando um produto químico corrosivo entra em contato com a fibra de vidro, ele pode degradar totalmente o compósito, resultando em uma redução significativa das propriedades estruturais do laminado. Em um ambiente corrosivo, os produtos gasosos ou líquidos podem alcançar as fibras dos compósitos causando falhas prematuras por diversos meios, como:

- Difusão
- Osmose
- Tensão aplicada
- Fragilização
- Microrrachadura
- Impacto
- Gradientes térmicos
- Gradientes de pressão

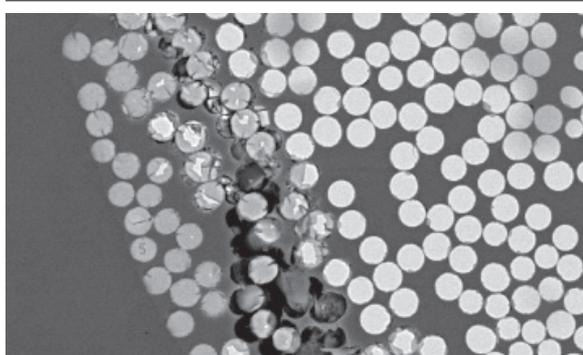
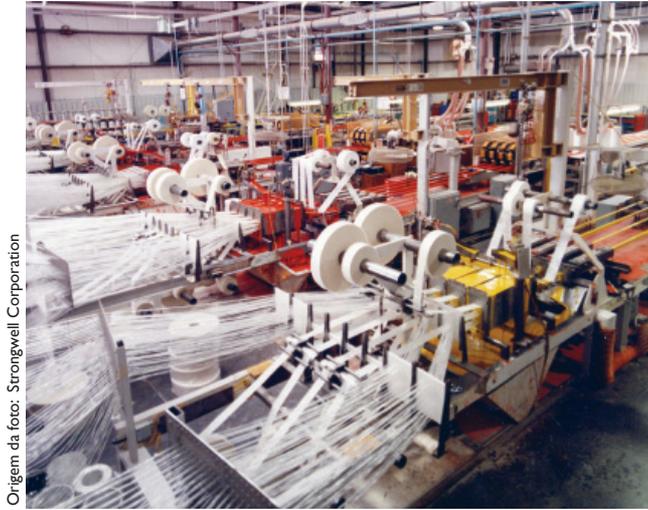


Figura 1 – Uma imagem microscópica de fibras de **vidro tipo E** pultrudadas em uma haste de PRFV, exposta ao ácido sulfúrico após um mês. O ácido penetrou através do laminado. Os círculos brancos são as fibras de vidro do tipo E individuais e a área escura é a resina. Em um estudo similar, usando o vidro Advantex®, o vidro não se deteriorou por causa do ataque, mesmo após seis meses de exposição.

OBSERVAÇÃO: para obter mais detalhes sobre este assunto, visite o site www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex e faça o download do documento "An Inside Look at Corrosion in Composite Laminates" por Kevin Spoo, março de 2010. Consulte o livro "Ageing of Composites" editado por Rod Martin, 2008, seção 17.4 – Types of degradation in fiber reinforced plastic (Tipos de degradação no plástico reforçado da fibra).

PROCESSOS DE FABRICAÇÃO ONDE AS FIBRAS DE VIDRO SÃO UTILIZADAS



Origem da foto: Strongwell Corporation

Diversos tipos de produtos de fibra de vidro, como tecidos, rovings, manta e véu, são usados para criar peças de PRFV. Diversas aplicações de PRFV, usadas em ambientes corrosivos (tubos, tanques, condutores e revestimentos de chaminés), são realizadas usando os processos de enrolamento e pultrusão, contendo de 60% a 70% de reforços de fibra de vidro por peso.

Selecionar o produto de fibra de vidro correto depende do processo a ser usado, das propriedades mecânicas necessárias, da escolha da resina e do ambiente químico que ele enfrentará. A foto mostra um processo de pultrusão e ilustra o papel importante que a fibra de vidro desempenha na estrutura.

SOLUÇÃO DA OWENS CORNING PARA A CORROSÃO: ELIMINE O RISCO... COLOQUE O VIDRO ADVANTEX®

Descrição dos reforços de fibra de vidro Advantex®

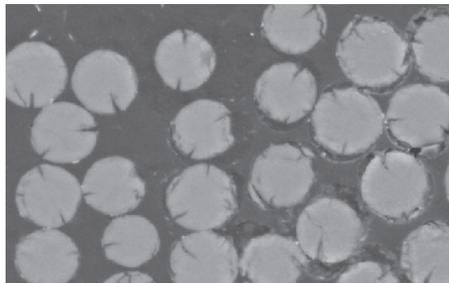
O vidro Advantex® não possui boro em sua formulação, podendo ser usado tanto como fibras de vidro tipo E-CR quanto do tipo "E" com resistência à corrosão, atendendo a norma ASTM D 578, desenvolvida com os seguintes atributos:

- Maior propriedades mecânicas quando comparadas aos vidros do Tipo E e E-CR padrão.
- Maior resistência à corrosão quando comparada ao vidro tipo "E" tradicional.
- Vidro Advantex® atende as normas ASTM D 578 e ISO 2078.

Vidro Advantex® – Desempenho comprovado em ambientes corrosivos

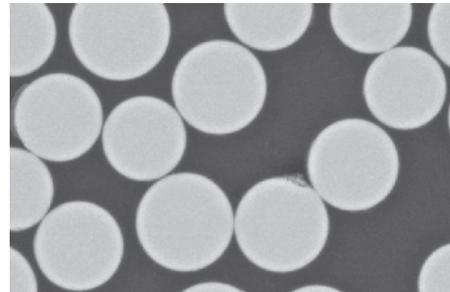
Desempenho em ambientes corrosivos depende do tipo de vidro selecionado. As fotografias SEM (Microscópio eletrônico por varredura) a seguir exibem como as hastes de compósitos respondem ao ácido sulfúrico a 10%, após três meses. Como exibido, o vidro tipo E se quebra e se desune da matriz de resina e, portanto, é um vidro especificado incorretamente para uso neste ambiente corrosivo. Por comparação, o vidro Advantex® não exhibe sinais de deterioração e mantém sua resistência total.

Haste de PRFV de vidro tipo E



O vidro tipo E começa a quebrar, com lixiviamento e craqueamento causando a desunião da resina, o que poderia levar à falha potencial da aplicação.

Haste de PRFV Advantex®



O vidro Advantex® continua a atuar após três meses sem lixiviamento, craqueamento ou enfraquecimento. Ele mantém sua resistência em um ambiente corrosivo.



A OWENS CORNING OFERECE UMA LINHA COMPLETA DE PRODUTOS DE REFORÇOS DE FIBRA DE VIDRO

Quando uma solução em PRFV for selecionada como o material de escolha para um ambiente corrosivo, a Owens Corning oferecerá todos os produtos necessários para fornecer soluções de alto desempenho e longa duração. Consulte as informações a seguir para obter detalhes sobre todos os nossos produtos.

Oferta do produto pelo tipo de reforço de vidro

Tipo de vidro	Vidro tipo E	Vidro tipo C	Advantex®	Vidro tipo AR Cem-FIL®	Vidro tipo HPG ³ (S, H, R)
Principal atributo	Finalidade geral	Resistente à corrosão	Resistente à corrosão	Resistente ao álcali	Alta resistência
Produtos disponíveis	Tecido	Véu	Roving direto ¹	Roving direto ¹	Roving direto ¹
	Roving para laminação ¹		Roving para laminação ¹	Véu ²	Tecido
	Roving direto ¹		Tecido	Roving para laminação ¹	
	Fibras picadas ¹		Véu CSM CFM Fibras picadas Fibra moída		

1. Disponíveis em todas as regiões

2. Disponível atualmente somente para aplicações especiais

3. Fibras de vidro de alto desempenho

PRODUTOS E FUNÇÃO DO VIDRO ADVANTEX®

Roving direto do vidro Advantex®/Roving T30®

Roving direto oferece resistência na maioria das aplicações de PRFV, em processos enrolamento filamentar (FV) e pultrusão, para aplicações incluindo tubos, tanques, perfis estruturais, grades e diversas outras aplicações para ambientes corrosivos. Especificar o vidro Advantex® reduz o risco de falha estrutural devido à sua estabilidade em ambientes corrosivos.

Roving de laminação do vidro Advantex®

Rovings de laminação podem ser picados e usados no lugar da manta de fibra picada. Eles são aplicados por processo de laminação por spray para moldar laminados.

Manta de fibra de vidro picada (CSM) Advantex®

CSM é, frequentemente, utilizada como parte da barreira contra corrosão nas aplicações do PRFV. CSM oferece a resistência necessária para um desempenho excepcional em diversas aplicações de laminação manual.

Manta de filamento contínuo (CFM) de vidro Advantex® – Manta Unifilo®

A manta de filamento contínuo é utilizada em processo de pultrusão melhorando a resistência transversal, conferindo altas propriedades mecânicas, suportando ambientes corrosivos.

Vidro Advantex®, véu de vidro tipo C e véu de vidro tipo AR*

Véus sem trama fortalecem a barreira contra corrosão, que é rica em resina, criando uma união forte com o laminado subjacente. Os véus de superfície também isolam as fibras estruturais da exposição à abrasão e corrosão, contribuindo para a integridade estrutural do compósito. O véu de vidro apropriado deve ser selecionado com base no tipo de ambiente corrosivo.

*Disponível atualmente para certas aplicações.



Tecidos técnicos de vidro Advantex®

OCV™ Technical Fabrics oferece tecidos de alta qualidade, projetados para atender os requisitos de desempenho em ambientes corrosivos. Qualquer que seja a necessidade, roving com trama, multiaxial, unidirecional ou uma combinação, a OCV™ Technical Fabrics pode oferecer a solução de vidro Advantex®. A Owens Corning fabrica tecidos usando diversos tipos de vidro para entrada. Se a aplicação for para um ambiente corrosivo, comece especificando as fibras de vidro Advantex®.

Reforços de fibra de vidro de alto desempenho da Owens Corning (S, H, R)

A divisão de reforços de alto desempenho da OCV™ apresenta os produtos de alta resistência ShieldStrand®, XStrand®, FliteStrand® e WindStrand®, projetados para os mercados industrial, balístico, aeroespacial e de energia eólica. Estes produtos oferecem resistência contra a corrosão, bem como propriedades mecânicas superiores e deverão ser considerados em aplicações de PRFV altamente exigentes. Entre em contato com a Owens Corning para obter informações adicionais selecionando o endereço de e-mail ou pelo número de telefone a seguir:

Reforços de fibra de vidro do tipo AR Cem-FIL® da Owens Corning

Fibras de vidro resistentes ao álcali (AR) Cem-FIL® estão sendo utilizadas há 40 anos em mais de 100 países para criar algumas das arquiteturas mais deslumbrantes do mundo, oferecendo ótimo desempenho e durabilidade em aplicações diversas, que utilizam cimento e argamassa. O vidro do tipo AR Cem-FIL® oferece resistência superior contra a corrosão em certos ambientes químicos e de alta concentração de álcalis.

NOTA: entre em contato com Owens Corning para obter informações adicionais selecionando o endereço de e-mail apropriado ou pelo número de telefone da região onde você está localizado.

Américas

advantex.americas@owenscorning.com
614.777.1384

Ásia Pacífico

advantex.asiap@owenscorning.com
+86.81.940.2997

Europa

advantex.europe@owenscorning.com
+46.346.85807

DOCUMENTAÇÃO DE UMA ESPECIFICAÇÃO PARA ESTRUTURAS PRFV USADAS EM AMBIENTES CORROSIVOS

Ao usar os reforços em PRFV, é necessário especificar as fibras de vidro apropriadas, tanto para a **parte estrutural**, como para a **barreira contra corrosão**.

Seção estrutural de uma aplicação de PRFV

A parte estrutural oferece a maior parte das propriedades mecânicas (resistência e rigidez) de uma peça de PRFV. Os resultados do teste químico reportados neste guia indicam que o vidro Advantex® mostra melhor desempenho geral, sendo portanto, recomendado para utilização em aplicações estruturais. Este é um exemplo de uma especificação que pode ser usada para definir os componentes da parte estrutural.

“Os reforços de fibra de vidro devem ser feitos com vidro Advantex® ou equivalente, atendendo à norma ASTM D 578-00, seção 4.2.4. Este vidro terá sizing compatível com a resina especificada.”

Barreira contra a corrosão de uma aplicação de PRFV

A barreira contra corrosão normalmente não oferece resistência estrutural e é usada para reduzir a velocidade de difusão do material corrosivo através do laminado. Esta seção do laminado de PRFV normalmente é composta de um véu da superfície e de uma manta (composta de manta de fibra picada ou roving picado). É importante especificar o véu apropriado, independentemente da especificação da manta, para assegurar o melhor nível de resistência à corrosão. A ilustração representa um exemplo de uma peça de PRFV mostrando a barreira contra corrosão e a parte estrutural.

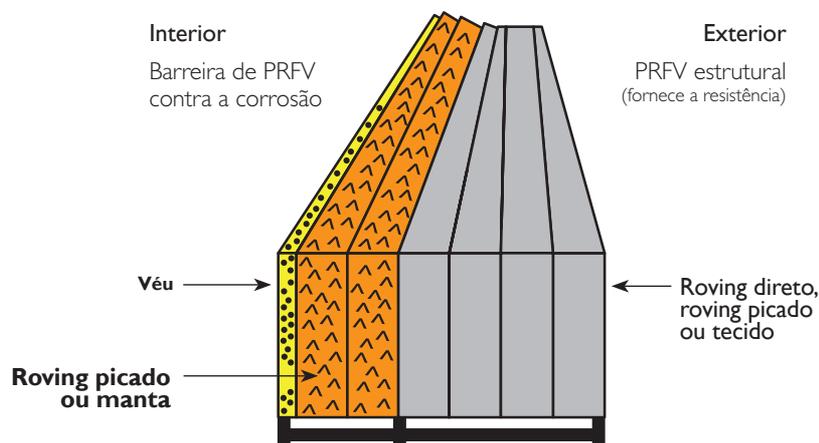
A parte do véu é a superfície interna da barreira contra corrosão e pode exigir outro material, como vidro, carbono ou poliéster; dependendo do ambiente químico corrosivo. Quando um véu de vidro tiver sido selecionado, use este guia para identificar o tipo de vidro apropriado para o ambiente químico específico ou entre em contato com a Owens Corning para obter uma recomendação.

Quando uma manta também for incluída na estrutura de uma barreira contra corrosão com base nos resultados dos testes localizados neste guia, provavelmente o vidro Advantex® deverá ser o reforço especificado. A especificação a seguir pode ser usada para este segmento da barreira contra corrosão.

“Os reforços de fibra de vidro devem ser de vidro Advantex® ou equivalente, atendendo ao padrão ASTM D 578-00, seção 4.2.4. Este vidro terá sizing compatível com a resina especificada.”

Enrolamento filamental ou laminado

(exemplo: tubo, tanque, duto etc.)





FORMULÁRIO PARA SOLICITAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO DO TIPO DE FIBRA DE VIDRO DA OWENS CORNING

Se tiver perguntas não respondidas neste guia ou quiser obter uma recomendação para o tipo de vidro em uma situação específica, você pode entrar em contato com a Owens Corning de duas formas:

1. Complete e envie o formulário on-line em:
www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp
2. Faça uma cópia deste formulário e envie-a, usando o número de fax regional apropriado a seguir:

Formulário de fax concluído

Fax – Américas: 1.740.321.4607

Nome do projeto: _____

Fax – Europa, Oriente Médio e África: +46.346.83733

Fax – Ásia Pacífico: +66.2.745.6961

Data: _____

Informações de contato

Empresa: _____ País: _____

Nome: _____

Endereço de e-mail: _____ Telefone: _____

Informações sobre as peças de PRFV

Tipo de peça (tanque, tubo, depurador, duto etc.): _____

Dimensões: _____ Capacidade: _____

Indústria (mineração, química, energia etc.): _____

Condições operacionais:

Tipo ou ambiente químico

Concentrações normais

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

pH: Típico: _____ Mínimo: _____ Máximo: _____

DESCRIÇÃO DO GUIA

A seção final deste guia ajudará você a identificar e especificar o melhor tipo de fibra de vidro para diversos ambientes corrosivos, com base em teste de laboratório, exibindo o impacto que os diversos produtos químicos terão sobre os diferentes tipos de fibra de vidro.

Dependendo do produto químico, o guia oferece uma análise da perda de peso do vidro, exposto diretamente às soluções químicas específicas. O teste do vidro, "Bare glass test", pode exigir explicação posterior. Nestas situações, informações adicionais serão fornecidas para dar suporte à seleção do melhor tipo de fibra de vidro para desempenho otimizado.

A Owens Corning pretende atualizar este guia, pois continua a testar outros produtos químicos e seus efeitos nos reforços de fibra de vidro. Consulte o site do vidro Advantex® para saber sobre novas versões e obter informações adicionais. www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp

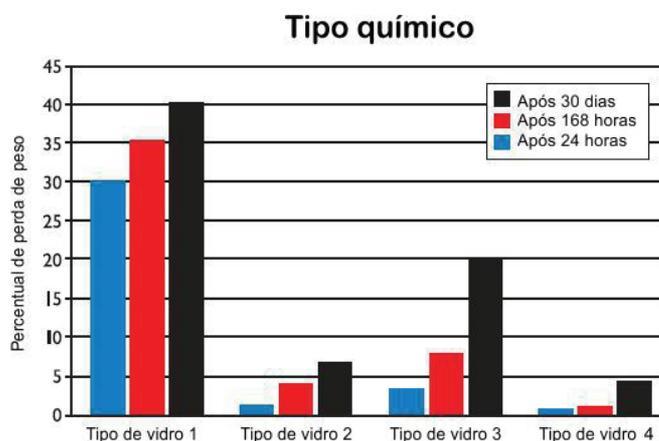
MÉTODOS DE TESTE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A Owens Corning usa diversos métodos de teste para determinar como as diversas formas de fibra de vidro atuam em ambientes corrosivos. Estes métodos incluem:

I. Teste de perda de peso do vidro sem cobertura (Bare glass test)

Este é um teste que compara a resistência à corrosão de tipos diferentes de vidro em um ambiente corrosivo. O eixo Y exibe o percentual de elementos lixiviados da fibra de vidro. Uma barra mais alta indica uma quantidade maior de perda de peso e é um indicador ruim. Uma barra mais curta indica uma melhor resistência à corrosão. O eixo X lista os diversos tipos de composição da fibra de vidro.

Há diversas barras exibidas acima de uma composição do vidro e estas dizem respeito à duração no tempo em que o vidro foi exposto ao material químico. Vários períodos de duração são exibidos, porque a taxa de corrosão entre as composições do vidro é muito diferente em certos materiais corrosivos. Embora o teste de perda de peso seja rápido, ele pode, em certas circunstâncias, depreciar as diferenças entre os tipos de fibra de vidro, devido à formação de sais insolúveis ou redeposição nas fibras de vidro. Isto resulta em fibras de vidro altamente lixiviadas, que parecem não perder muito peso como o que foi lixiviado realmente da fibra. No mundo real, a variedade de material corrosivo é muito grande, quando comparado à quantidade de vidro. Portanto, nós incluímos diversas técnicas/análises a fundo para avaliar o impacto da corrosão neste documento.

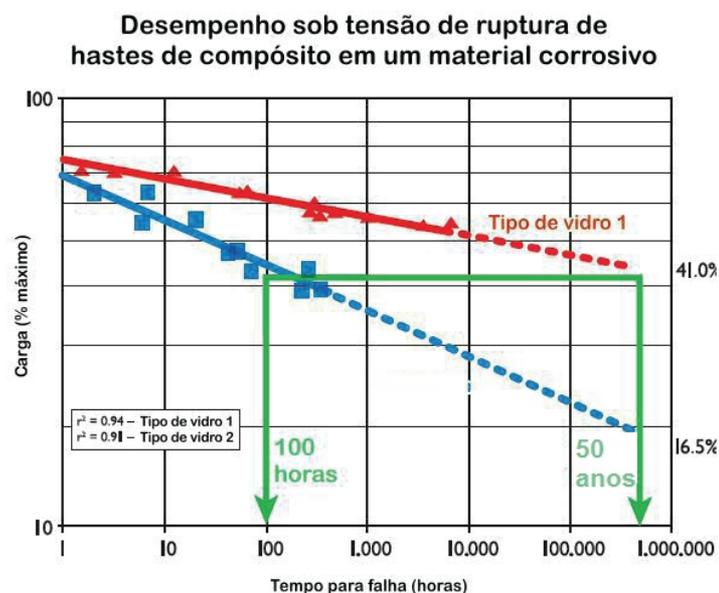


2. Teste de tensão de ruptura sob corrosão das hastes de PRFV

O teste de corrosão sob tensão de ruptura é o que mais se aproxima de incorporar os diversos problemas (tensão e corrosão) que uma estrutura enfrenta. Com base nos padrões ASTM D2992 e ASTM D3681, este método dispendioso e demorado é a chave para entender como os diferentes tipos de vidro atuam em um material corrosivo, independentemente do tipo de resina ou da construção do compósito. Os níveis de tensão, em percentual de tensão máxima ou tensão absoluta em MPa, são plotados em um gráfico de registro no eixo Y. O eixo X representa o tempo de exposição em horas. A haste de PRFV da fibra de vidro, com a inclinação mais plana, é a menos afetada pelo material corrosivo.

Para comparar facilmente as diferenças entre os tipos de vidro, localize a interseção do Y de 50 anos da linha mais plana e siga o nível de tensão (exemplo, 41,0%) horizontalmente até a linha que representa o outro tipo de vidro no gráfico. No lugar onde o nível de tensão (41,0% no eixo Y) intercepta a outra linha plotada (100 horas), estime-se o período de tempo (leia no eixo X) que a estrutura de PRFV poderia sustentar a tensão de 41,0%. Neste exemplo, o Tipo de vidro 1 pode manter 41% da tensão original máxima por 50 anos, enquanto o Tipo de vidro 2 degradou-se até este nível em 100 horas.

3. Microscópio eletrônico por varredura (SEM)



O SEM permite a visualização, em uma escala microscópica, do que está acontecendo no PRFV, incluindo a fibra de vidro. Nele podemos ver os efeitos, como redeposição, corrosão, craqueamento, crescimento de cristal ou lixiviação, quando acoplado ao raio X por energia dispersiva. SEM é usado quando surgem inconsistências entre os gráficos de perda de peso e literatura publicada anteriormente, desempenho em material corrosivo semelhante, mas não idêntico, ou experiência prática. SEM ajuda a entender melhor porque a diferença pode ou não existir:

Para obter uma descrição mais detalhada de cada método, consulte o **Anexo A** deste guia.

RESUMO DOS RESULTADOS E RECOMENDAÇÕES GERAIS

A seguir, um resumo de quais tipos de fibra de vidro apresentaram o melhor desempenho através das categorias de produtos químicos. Detalhes do desempenho para resultados específicos do teste de produtos químicos são fornecidos na próxima seção. Tipos de vidro testados incluem: Vidro tipo E, vidro tipo C, vidro Advantex® e vidro tipo AR. Peças de PRFV (como tanques, tubos etc.) que enfrentam um ambiente corrosivo, normalmente possuem uma barreira contra corrosão e uma parte estrutural. Se o vidro for selecionado como o reforço na barreira contra corrosão ou na parte estrutural, este resumo exibirá que tipo de fibra de vidro melhor se adequa para cada área.

Resumo do Guia dos reforços de fibra de vidro de mais alto desempenho por ambiente corrosivo

Seção de laminados de compósitos	Ácidos minerais	Ácidos orgânicos	Água deionizada	Alcalino	Sais
Barreira contra corrosão Véu da superfície mais interna recomendado*	Vidro tipo AR ou tipo C	Advantex®	Advantex®	Vidro tipo AR ou Advantex®	Vidro tipo AR ou Advantex®
Barreira contra corrosão Mat. recomendado/ Parte picada**	Advantex®	Advantex®	Advantex®	Advantex®	Advantex®
Parte estrutural Tipo de fibra recomendado	Advantex®	Advantex®	Advantex®	Advantex®	Advantex®
Produtos químicos testados	Sulfúrico Hidrocloreto Nítrico Fosfórico Água-régia	Acético Cítrico	Água deionizada Água da torneira	Hidróxido de amônio Hidróxido de sódio Cloreto de sódio Hipocloreto de sódio	Cloreto de sódio Cloreto férrico

* Quando for selecionado véu da fibra de vidro. Verifique as páginas de produtos químicos individuais para o tipo de vidro específico.

** Quando manta ou roving de fibra de vidro for o material selecionado.

NOTA: vidro tipo AR (vidro Cem-FIL®) somente está disponível em certos tipos de véu para aplicações especiais.

Para obter informações adicionais,
recomendações ou suporte, entre em contato com:

Américas

advantex.americas@owenscorning.com | 614.777.1384

Ásia Pacífico

advantex.asiap@owenscorning.com | +86.81.940.2997

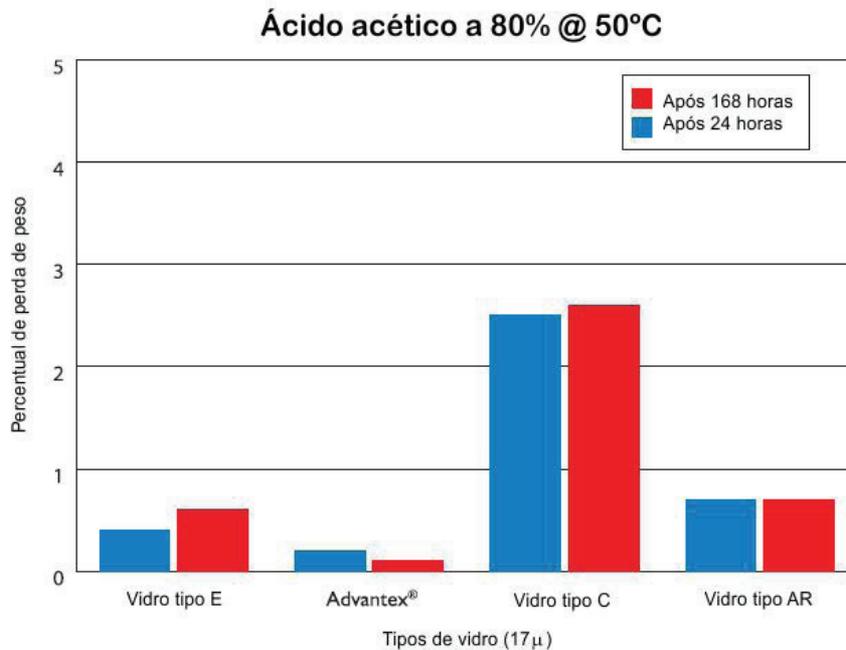
Europa

advantex.europe@owenscorning.com | +46.346.85807

Resistência química da fibra de vidro
ÁCIDO ACÉTICO

Teste de perda de peso do vidro: o teste de perda de peso em ácido acético parece ser mínimo, mas estes números são enganosos. Após exame posterior, concluímos que o vidro Advantex® possui o melhor desempenho geral e seria a melhor escolha para toda a barreira contra corrosão (como véu e manta), assim como para a parte estrutural de uma peça de PRFV para assegurar o mais alto desempenho.

As fotos do SEM de vidro tipo E a seguir exibem fibras relativamente não afetadas. Entretanto, uma análise do EDX (raio X por energia dispersiva) das superfícies de todas as fibras mostra uma cobertura bem uniforme de carbono contendo sal de diversos elementos lixiviados do vidro. Este revestimento aparece em todas as fibras e adiciona peso à fibra. A perda de peso de elementos lixiviados no vidro excede o ganho de peso da cobertura orgânica, resultando em uma perda de peso líquido para todas as fibras, com vidro tipo C sendo o mais afetado. Embora o desempenho relativo das fibras de vidro neste estudo provavelmente seja um indicativo de desempenho relativo, o gráfico não deverá ser interpretado como se o ácido acético estivesse atacando fracamente a fibra de vidro.


Fotos do microscópio eletrônico por varredura (SEM) do vidro tipo E:

A foto do vidro tipo E exibe uma área onde duas fibras estavam em contato uma com a outra (Área I na foto do SEM) e o chorume acumulado entre elas. Esta cobertura e o chorume adicionaram peso a estas fibras, fazendo com que o teste de perda de peso do vidro sem cobertura parecesse menos danoso do que realmente era.

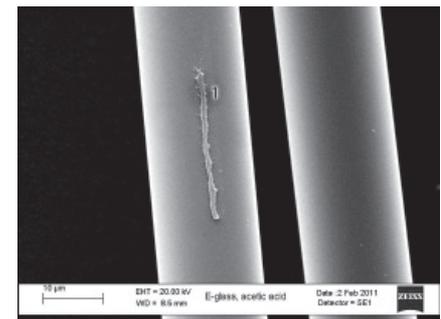
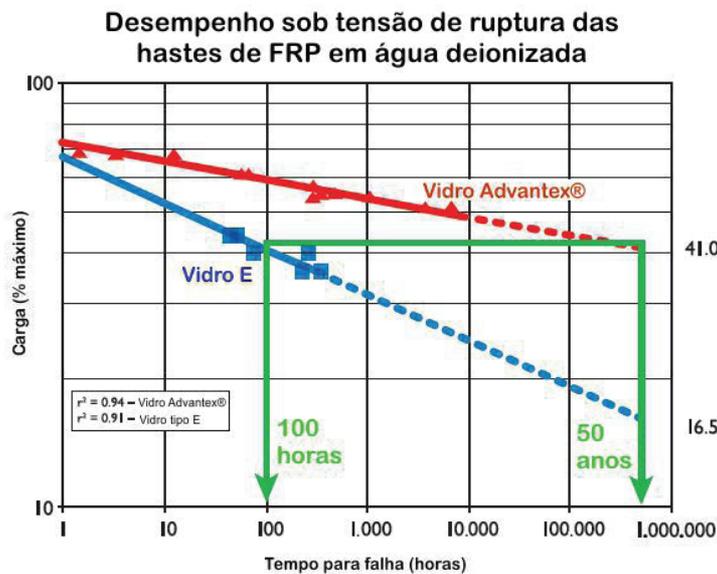


Foto do SEM do **vidro tipo E** mostrando o chorume que se acumula na fibra de vidro.

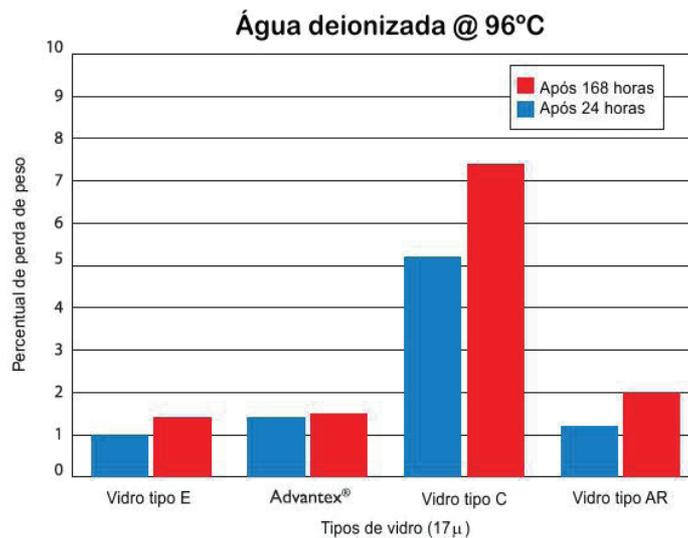
Resistência química da fibra de vidro

ÁGUA DEIONIZADA (DI)
(Veja também água de torneira)

Teste de corrosão sob tensão: o teste de corrosão sob tensão de longa duração das hastes de compósito mostra que o vidro Advantex® tem uma melhor durabilidade que o vidro tipo E na água deionizada a 25°C. O vidro Advantex® reterá 41,0% de sua resistência original após 50 anos. O vidro tipo E será capaz de manter esta mesma tensão por apenas 100 horas. O vidro Advantex® é o produto de melhor desempenho neste ambiente e é o preferido na barreira contra corrosão (véu e manta) e em camadas estruturais de uma peça de PRFV.



Perda de peso do vidro sem cobertura: a diferença vista no teste de corrosão sob tensão entre o vidro Advantex® e o vidro tipo E não é refletida no teste de perda de peso do vidro de longa duração. O teste de perda de peso em água DI não é tão discriminatório como o teste de corrosão sob tensão. Entretanto, o teste de perda de peso mostra que o véu de vidro tipo C é uma escolha ruim para a barreira contra corrosão.

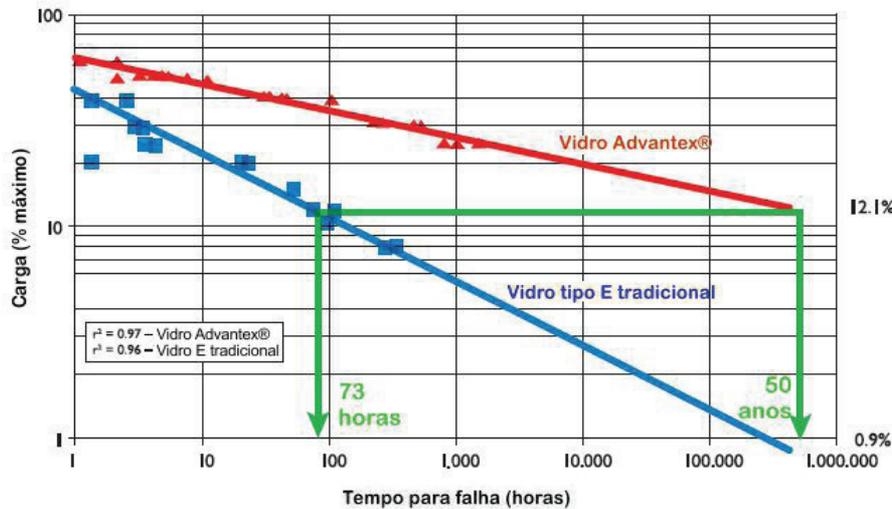


Resistência química da fibra de vidro

ÁCIDO CLORÍDRICO

Teste de corrosão sob tensão: quando as hastes de PRFV são expostas aos efeitos combinados de tensão e ácido clorídrico, o vidro Advantex® supera o desempenho do vidro tipo E de forma significativa. Analisando mais de perto o teste de corrosão sob tensão, as hastes de PRFV de vidro tipo E perdem a resistência a uma taxa consideravelmente mais rápida que as hastes de PRFV do vidro Advantex®. Após 50 anos, a haste de PRFV de vidro Advantex® ainda seria capaz de sustentar 12,1% de sua carga original, enquanto a haste de PRFV de vidro tipo E poderia sustentar esta carga por apenas 73 horas. As fotos do SEM a seguir mostram o porquê. O lixiviamento das sondas de fibra de vidro tipo E produz um exterior poroso e craqueamento helicoidal subsequente. O vidro Advantex® não é afetado.

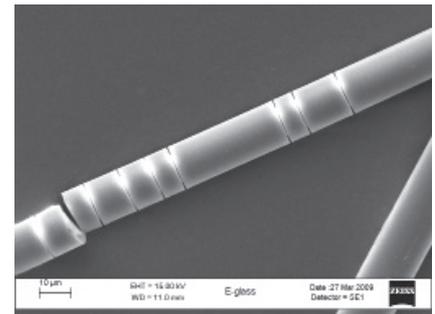
Laminado de compósito exposto ao L HCL Normal – H₂SO₄



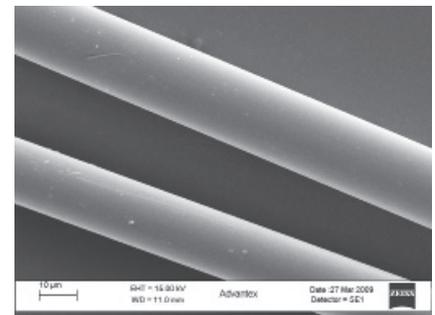
Exame do Microscópio eletrônico por varredura (SEM):

a primeira imagem mostra o craqueamento helicoidal clássico das fibras de vidro E, após exposição ao HCl a 5% por quatro horas, sem tensão. Este craqueamento causa falha prematura das peças de PRFV, em aplicações que combinam a tensão e fluidos corrosivos..

Vidro tipo E após quatro horas em HCL a 5% @ 96°C

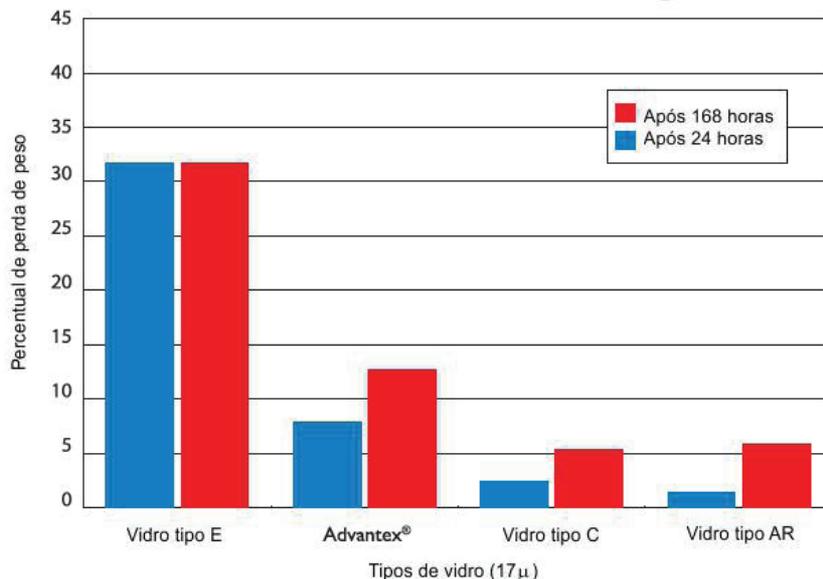


Vidro Advantex® após quatro horas em HCL a 5% @ 96°C



Teste de perda de peso do vidro sem cobertura: este teste suporta o uso do vidro Advantex® para a parte estrutural da peça de PRFV. O vidro tipo C ou AR pode ser usado para a barreira contra corrosão. O vidro tipo E é atacado rapidamente por ácidos fortes e não deve ser considerado.

Imersão em ácido clorídrico a 10% @ 96°C



Resistência química da fibra de vidro

ÁCIDO FOSFÓRICO

Teste de perda de peso do vidro sem cobertura: a evidência mostra que o vidro Advantex® deve ser considerado para a parte estrutural e para a barreira contra corrosão. O vidro tipo C deve ser considerado para a parte do véu da superfície na camada interna como barreira contra corrosão. As fotos do SEM mostram que o ácido fosfórico é outro material corrosivo que lixivia os elementos de certos tipos de fibra de vidro, muito mais que os outros, e deposita novamente estes elementos (que incorporam o fósforo) nas fibras de vidro. As fibras que não são lixiviadas de forma apreciável mostram pouca redeposição de material. O material depositado novamente adiciona peso às fibras, fazendo com que a perda de peso pareça menor que a quantidade de material verdadeiramente lixiviada da fibra. As fibras lixiviadas são estruturalmente deficientes.

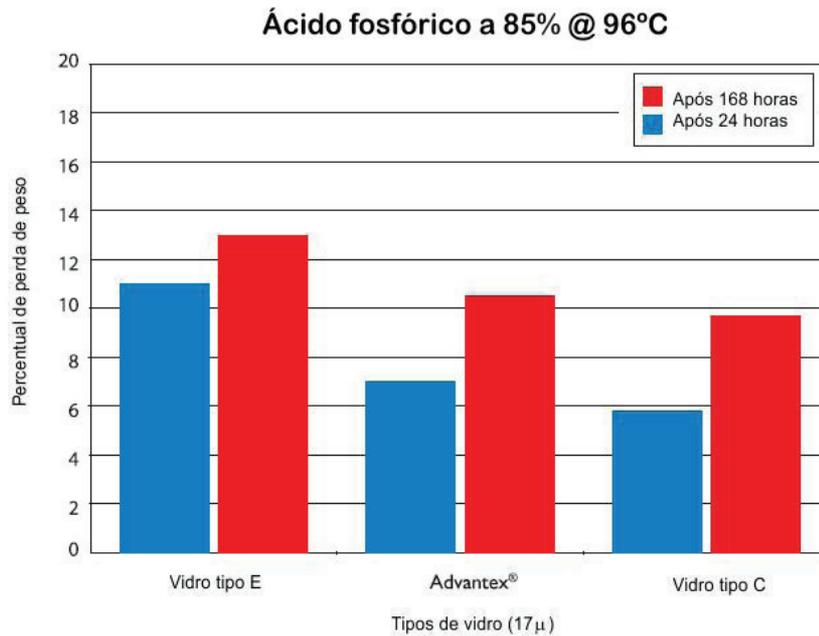
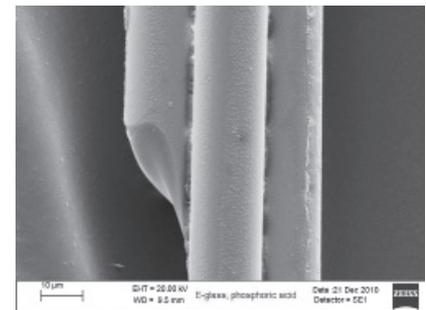
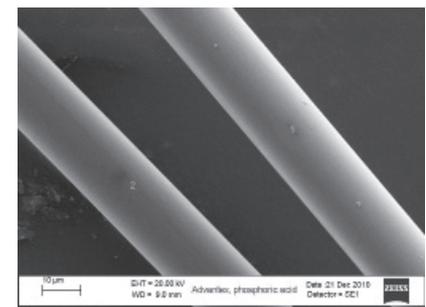


Foto do SEM do vidro E no ácido fosfórico



O vidro tipo E mostra o lixiviamento ocorrendo com a redeposição do fosfato de cálcio na superfície da fibra, provavelmente enfraquecendo a resistência da ligação com a resina.

Foto do SEM do vidro Advantex® no ácido fosfórico

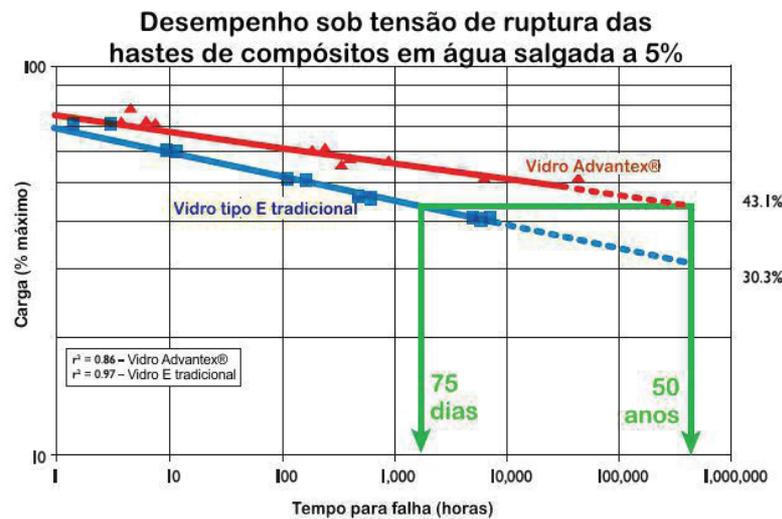


O vidro Advantex® não mostra nenhum sinal de lixiviamento ou enfraquecimento significativo no ácido fosfórico.

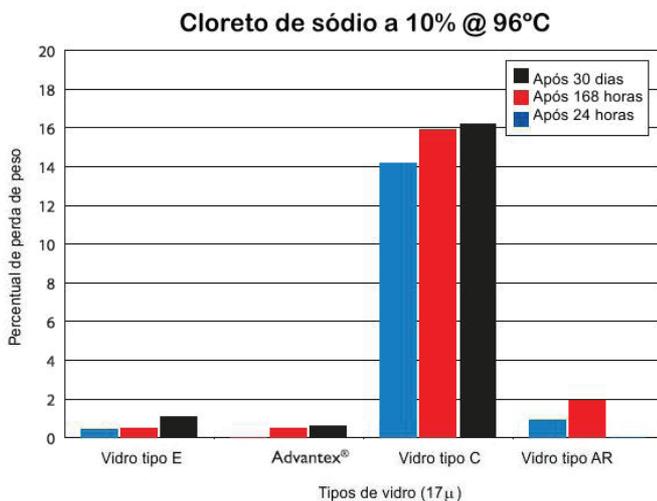
CLORETO DE SÓDIO

Resistência química da fibra de vidro

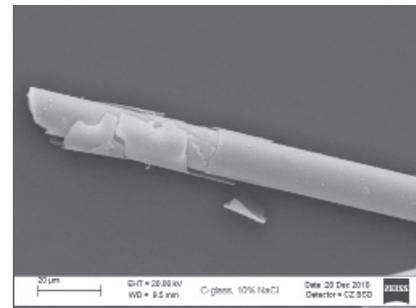
Teste de corrosão sob tensão: o teste de corrosão sob tensão de longa duração mostra que o vidro Advantex® possui uma vantagem sobre o vidro tipo E em água salgada e deverá ser considerado para a barreira contra corrosão (como o véu e a manta) e para a parte estrutural de uma peça de PRFV. Os resultados do teste mostram que, após 50 anos de imersão em água salgada, a haste de PRFV que contém a fibra de vidro Advantex® possui capacidade para reter 43,1% de sua capacidade de transporte da carga, enquanto o vidro tipo E pode transportar esta carga por apenas 75 dias.



Teste de perda de peso do vidro sem cobertura: o teste de perda de peso de longa duração não mostra realmente a diferença importante de desempenho entre o vidro tipo E e o vidro Advantex®, quando comparado aos resultados anteriores do teste de corrosão sob tensão de ruptura. Entretanto, ele claramente demonstra que o véu de vidro tipo C é uma escolha ruim para uso em água salgada. Isto foi uma surpresa, mas a foto do SEM à direita mostra que este efeito é real.

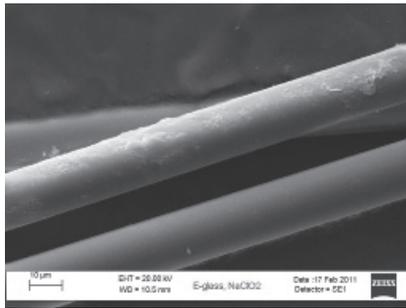


SEM do vidro tipo C

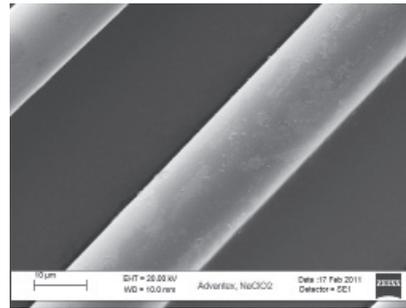


A foto é um SEM do vidro tipo C após ser exposto ao cloreto de sódio. A velocidade e nível de deterioração do vidro tipo C em água salgada é significativa.

Microscópio eletrônico por varredura: A evidência mostra que o vidro Advantex® é o menos afetado e deverá ser considerado para a barreira contra corrosão (como o véu e a manta) e para a parte estrutural de uma peça de PRFV. O teste de perda de peso pode nos levar a acreditar que há somente uma pequena diferença entre o vidro tipo E e vidro Advantex®. Entretanto, as fotos do SEM mostram que este é um outro caso no qual o material lixiviado é depositado novamente nas fibras de vidro e também formam precipitados difíceis de remover das fibras de vidro filtradas. O espectrocópio EDX descobriu que muitos destes são magnésio que contém precipitados. Este peso adicionado significa que todas as fibras são lixiviadas e perdem verdadeiramente mais peso do que é refletido no gráfico de perda de peso. O efeito é menos pronunciado no vidro Advantex®, devido a um nível inferior de lixiviamento.

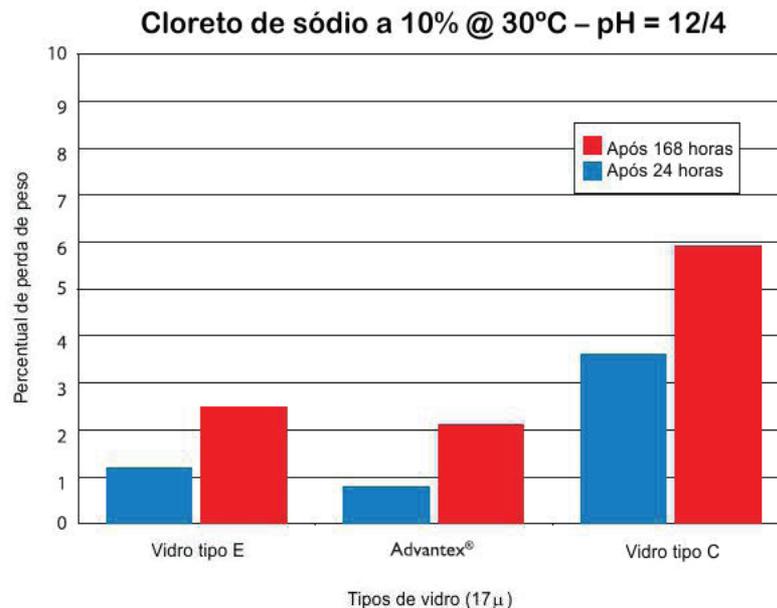


SEM do vidro tipo E mostrando o material lixiviado depositado novamente no vidro.



SEM do vidro Advantex® mostrando lixiviamento e redeposição mínima.

Teste de perda de peso do vidro sem cobertura: o efeito de redeposição também afeta o vidro tipo C, mas este vidro também é lixiviado de forma muito mais eficiente que o vidro tipo E ou vidro Advantex®. O vidro tipo C não seria recomendado como parte da barreira contra corrosão.

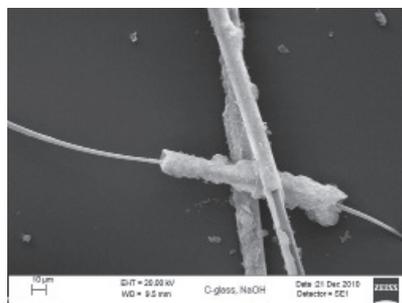
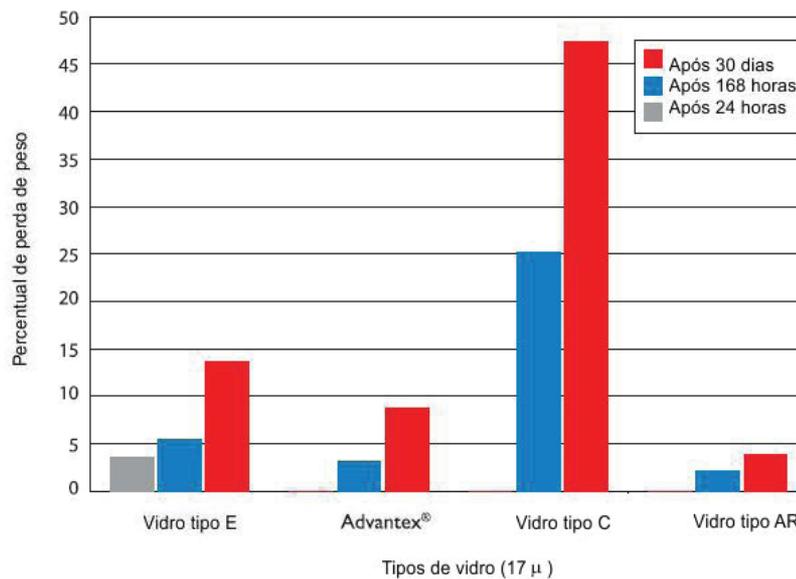


HIDRÓXIDO DE SÓDIO

Resistência química da fibra de vidro

Teste de perda de peso do vidro sem cobertura: a corrosão no ambiente alcalino ocorre através de um mecanismo muito diferente da corrosão em ambiente ácido. A evidência mostra que o vidro Advantex® é o menos afetado e deverá ser considerado para a parte estrutural de uma peça de PRFV. Provavelmente, o vidro tipo AR ou Advantex® terá desempenho melhor para a barreira contra corrosão (como véu e manta). As fotos do SEM mostram danos em todos os tipos de fibra de vidro e a análise EDX (raio X por energia dispersiva) identifica o cálcio, sílica e sódio lixiviados e depositados novamente na fibra como sedimentos cristalinos (foto de exemplo exibida a seguir). Desse modo, a perda de peso do teste do vidro sem cobertura deprecia o dano à fibra, mas fornece uma avaliação justa do desempenho entre os tipos de fibra.

Hidróxido de sódio – pH = 12,88 @ 96°C

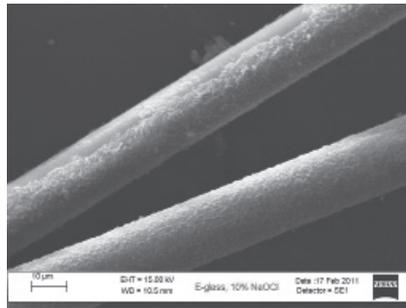


SEM do vidro tipo C mostra lixiviamento significativo e redeposição de sedimentos cristalinos.

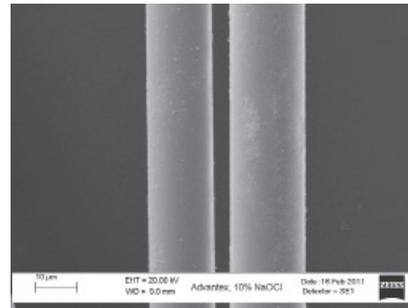
Resistência química da fibra de vidro

HIPOCLORETO DE SÓDIO

Microscópio eletrônico por varredura: a evidência mostra que o vidro Advantex® é o que está sendo menos afetado; ele deverá ser considerado para a parte estrutural de uma peça de PRFV. Provavelmente, o vidro tipo AR ou Advantex® apresentará melhor desempenho para o véu da superfície interna da barreira contra corrosão e o vidro Advantex® para a parte da manta da barreira. O teste de perda de peso (gráfico abaixo) pode nos levar a acreditar que há somente uma pequena diferença entre o vidro tipo E e vidro Advantex®. Entretanto, as imagens do microscópio eletrônico por varredura mostram que este é um outro caso, no qual o vidro tipo E é lixiviado a um nível muito maior que o vidro Advantex®. O material se deposita novamente nas fibras de vidro tipo E a uma quantidade maior e também forma precipitados. O raio X por energia dispersiva (EDX) descobriu que muitos destes redepósitos são de cálcio contendo precipitados. Este peso adicionado significa que todas as fibras são lixiviadas e perdem verdadeiramente mais peso do que é refletido no gráfico de perda de peso. O efeito é muito menos pronunciado no vidro Advantex®.

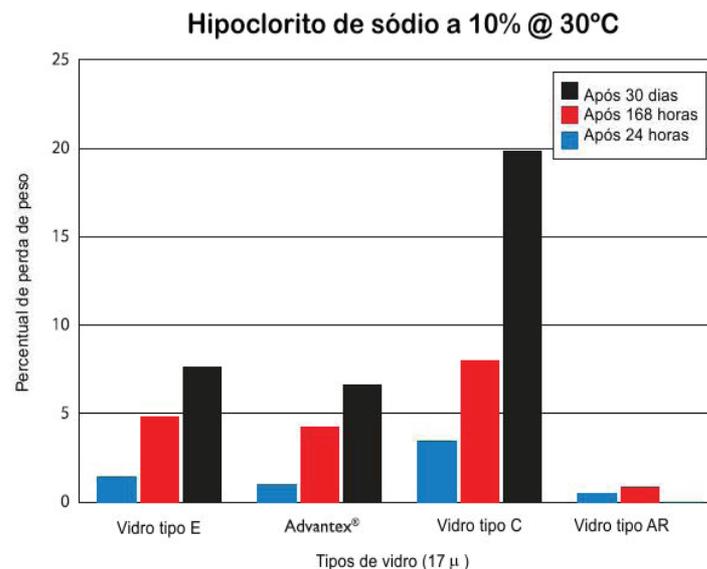


SEM do vidro tipo E mostra o material lixiviado depositado novamente no vidro.



SEM do vidro Advantex® mostrando lixiviamento e redepósito mínimo.

Teste de perda de peso do vidro sem cobertura: o efeito de redeposição também afeta o vidro tipo C, mas este vidro também é lixiviado de forma muito mais eficiente que o vidro tipo E ou vidro Advantex®. O vidro tipo C não seria recomendado como parte da barreira contra corrosão.

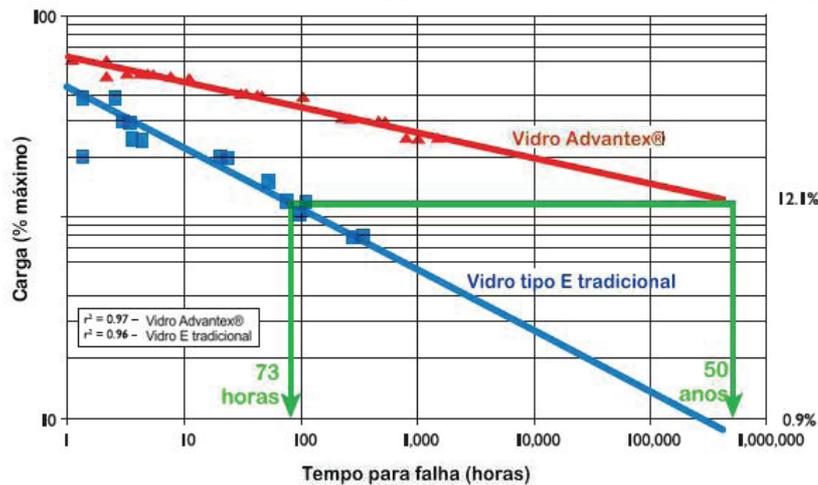


ÁCIDO SULFÚRICO

Resistência química da fibra de vidro

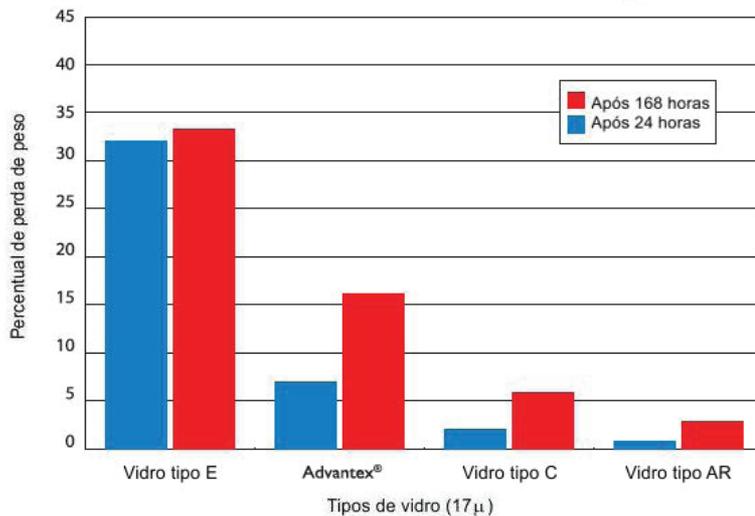
Todos os métodos de teste: o teste do vidro sem cobertura mostra que o vidro tipo E é atacado rapidamente pelo ácido sulfúrico e que o vidro Advantex® é o reforço preferido para a parte estrutural de uma peça de PRFV. O vidro tipo C ou AR é o preferido para o véu da superfície interna da barreira contra corrosão e o vidro Advantex® para a parte da manta da barreira. O teste de corrosão sob tensão confirma esta grande diferença de desempenho entre o vidro tipo E e Advantex®. As fotos do SEM das hastes de compósitos usadas no teste de corrosão por tensão mostram lixiviamento das fibras de vidro E, o que explica a perda rápida de resistência com o vidro tipo E e o desempenho mais alto do vidro Advantex®.

Tensão de ruptura das hastes de compósitos em ácidos normais (HCl-H₂SO₄)



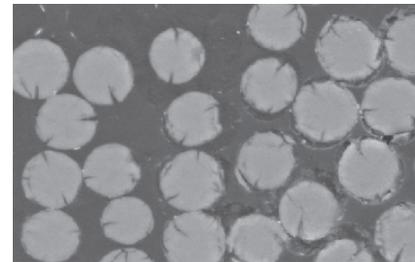
Os resultados do teste de tensão de ruptura anteriores mostram que o vidro Advantex® oferece uma tensão útil 12 vezes maior que um laminado feito com o vidro tipo E tradicional, em aplicações de ácido sulfúrico e hidrocloreídrico. Outra forma de olhar as diferenças de desempenho é observar que o laminado de vidro tipo E tradicional falharia em aproximadamente quatro dias, quando tensionado no limite de tensão. Este mesmo limite seria de 50 anos para o laminado de vidro Advantex®.

Imersão em ácido sulfúrico a 10% @ 96°C



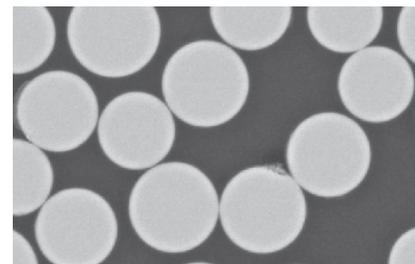
Exame do microscópio eletrônico por varredura (SEM) após ser exposto ao ácido sulfúrico

Haste de PRFV de vidro tipo E após 3 meses



O vidro tipo E começa a quebrar, se desunir da resina e enfraquece significativamente.

Haste de PRFV de vidro Advantex® após 3 meses



Vidro Advantex® continua a apresentar desempenho sem lixiviamento, mantendo sua resistência.

1. Teste de perda de peso do vidro sem cobertura

O teste do vidro sem cobertura é realizado removendo-se primeiro o sizing orgânico protetor do vidro, de forma que o vidro não seja aquecido até o ponto de têmpera. Aquecer alguns tipos de vidro até o ponto de têmpera, particularmente o vidro tipo E, pode melhorar dramaticamente a resistência à corrosão e não refletiria a forma na qual o produto é usado. A quantidade de fibra de vidro especificada é pesada e colocada em um ambiente corrosivo por um período de tempo predeterminado. Após este tempo, o vidro e o material corrosivo são filtrados e pesados novamente. O filtrado é examinado para assegurar que o conteúdo seja de fibras de vidro ou de sobras de fibras de vidro. Se algum precipitado for localizado, ele deverá ser removido e apenas o restante do vidro deverá ser pesado novamente. A diferença entre o peso antes e depois é reportada como perda de peso. Neste estudo, todas as fibras são de 17 microns, com exceção do vidro tipo C, que somente está disponível em 12 microns. Isto duplica brutalmente a área de superfície do vidro tipo C com relação aos outros vidros e poderia distorcer os dados em níveis baixos de corrosão. O cloreto férrico é o único meio onde esta diferença poderia ser mal interpretada.

2. Microscópio eletrônico por varredura (SEM) acoplado à espectroscopia por energia dispersiva de raios X (EDX)

As fotos do SEM foram tiradas no modo de retrodissipação. Uma função interessante do SEM é que os elétrons dispersos da superfície da peça sendo examinada irão refletir um grande número de elétrons de superfícies mais densas, como as fibras de vidro sólidas e elementos com número atômico mais alto. Superfícies mais macias ou porosas, como resina e fibra de vidro lixiviado, refletirão menos elétrons e os vazios não refletirão nada. Elementos de número atômico menor, como o carbono e hidrogênio também refletirão menos elétrons. Nas fotos do SEM, o vidro sólido aparece em branco ou cinza claro, o vidro poroso aparece em cinza, a resina aparece em cinza escuro e os vazios são pretos.

O vidro corroído pode ser examinado em exibição plana ou transversal. Na exibição plana, as fibras são dispersas suavemente, de forma mais uniforme possível em um adesivo com carbono, revestido com carbono ou ouro, e então examinado nas fotos do SEM. Para uma exibição transversal, as fibras são inseridas em resina epóxi, cortadas perpendicularmente ao comprimento da fibra e polidas. A amostra polida é revestida com carbono ou ouro e então examinada no SEM. O exame do SEM pode incluir ampliações baixas para exibir a morfologia geral das fibras ou ampliação de 1000X ou mais para identificar craqueamento, corrosão etc. A espectroscopia por energia dispersiva de raios X também pode ser usada para identificar as diferenças químicas nas fibras, resultantes do lixiviamento.

TRANSFORMANDO O MUNDO COM SOLUÇÕES AVANÇADAS



Para a edição mais recente, visite o site da Web do Owens Corning Advantex®:
www.owenscorning.com/composites/aboutAdvantex.asp

Para obter informações adicionais, recomendações ou suporte, entre em contato com:

Américas | advantex.americas@owenscorning.com | 614.777.1384
Ásia Pacífico | advantex.asiap@owenscorning.com | +86.81.940.2997
Europa | advantex.europe@owenscorning.com | +46.346.85807



OCV™ Reinforcements

**OWENS CORNING
COMPOSITE MATERIALS, LLC**
ONE OWENS CORNING PARKWAY
TOLEDO, OHIO 43659
1.800.GET.PINK™
www.owenscorning.com
www.ocvreinforcements.com

**EUROPEAN OWENS CORNING
FIBERGLAS, SPRL.**
166, CHAUSSÉE DE LA HULPE
B-1170 BRUSSELS
BELGIUM
322.674.8211

**OWENS CORNING
SHANGHAI COMPOSITES CO. LTD.**
OLIVE L.V.O. MANSION, 2ND FLOOR
620 HUASHAN ROAD
SHANGHAI 200122
CHINA
86.21.62489922

Estas informações e os dados são oferecidos exclusivamente como um guia na seleção de um reforço. As informações contidas nesta publicação são baseadas em dados de laboratório reais e experiências de testes em campo. Nós acreditamos que estas informações sejam confiáveis, mas não garantimos sua aplicabilidade para o processo do usuário ou assumimos qualquer responsabilidade ou obrigação que possa surgir de seu uso ou desempenho. O usuário concorda em ser responsável por testar completamente todas as aplicações para determinar sua adequação, antes de se comprometer com a produção. É importante para o usuário determinar as propriedades de seus próprios compostos comerciais ao usar este ou qualquer outro reforço. Devido aos diversos fatores que afetam os resultados, nós não oferecemos garantia de qualquer tipo, expressa ou implícita, incluindo aquelas de comercialização e conveniência para um fim específico. As declarações nesta publicação não devem ser interpretadas como representações ou garantias ou como induzimentos para infringir qualquer patente ou violar qualquer código de segurança de lei ou regulamento de seguro. A Owens Corning se reserva o direito para modificar este documento sem aviso prévio.

Advantex, Cem-FIL, T30, ShieldStrand, XStrand, FliteStrand e WindStrand são marcas registradas da Owens Corning.
OCV é uma marca da Owens Corning.
© 2011 Owens Corning.

Nº da Pub. 10014194 | EDIÇÃO 1A | Impresso nos Estados Unidos em março de 2011