



## REVESTIMENTOS REFORÇADOS COM FLOCOS DE VIDRO PARA APLICAÇÕES OFFSHORE

Mr. G. C. Collinson<sup>1</sup>, Eng. R. F. Bayer<sup>2</sup>

Copyright 1998, Brazilian Petroleum Institute - IBP

This paper was prepared for presentation at the Rio Oil & Gas Conference held in Rio de Janeiro, Brazil, 5-8 October, 1998.

This paper was selected for presentation by the Event Technical Committee following review of information contained in an abstract submitted by the author(s). Contents of the paper, as presented, have not been reviewed by the IBP. *Organizers will neither translate nor correct texts received.* The material, as presented, does not necessarily reflect any position of the Brazilian Petroleum Institute, its officers, or members.

### Sumário

**Sistemas de revestimentos internos e externos reforçados com flocos ou escamas de vidro tem sido utilizados em larga escala com grande sucesso nas indústrias químicas e petrolíferas do Reino Unido durante os últimos 15 anos. Tais sistemas estão agora também disponíveis num grande variedade de formulas capazes de satisfazer a maioria das condições de aplicações e de ambientes corrosivos. Sistemas corretamente formulados e adequadamente selecionados proporcionarão uma proteção econômica para estruturas, vasos e convés de plataformas offshore. Devido a sua resistência conjugada contra corrosão, abrasão, erosão e de solapamento (undercutting), estes sistemas oferecem ao usuário uma longa vida livre de manutenção.**

### Introdução

A necessidade de uma proteção contra corrosão está presente em quase todos os setores industriais, particularmente na indústria petrolífera Offshore onde gastos com manutenção e tempo parado são bastante altos. O emprego de revestimentos internos reforçados com escamas de vidro em vasos pode envolver menores custos de capital, prazos de entrega mais rápidos e reduzidos serviços de manutenção. A utilização externa de revestimentos com escamas de vidro pode inicialmente acarretar despesas maiores em comparação com pinturas convencionais, mas acaba custando menos em termos de custos por m<sup>2</sup>/ano, quando as despesas com manutenção são levadas em conta.

Este trabalho analisa os principais tipos de sistemas disponíveis, bem como sua composição e importância para a indústria de instalações Offshore. Serão abordadas também suas propriedades físicas, os parâmetros em que se baseiam sua seleção e algumas áreas de aplicações típicas. Finalmente, vamos abordar o projeto de equipamentos a serem revestidas, além da controle de aplicação e da qualidade.

### O que se entende por revestimentos internos/externos reforçados com flocos de vidro

Como se pode deduzir do título deste trabalho trata-se de resinas resistentes à corrosão contendo escamas de vidro. São utilizadas diferentes resinas de base em combinação com escamas de vidro de vários tamanhos e quantidades para produzir materiais aplicáveis por pulverização (spray) ou espatuláveis (com desempenadeiras), capazes de satisfazer às condições de agressividade químicas e mecânicas de uma aplicação específica.

**Das resinas** Devido à alta qualidade e superior desempenho esperados para estes tipos de sistemas, usa-se somente as melhores resinas termofixas de cura a frio, especialmente poliéster bisfenólica, éster-vinílica, epóxi, furânica e poliuretano, ver tabela I.

<sup>1</sup> Managing Director, Archco-Rigidon

<sup>2</sup> Diretor Industrial, Resinar Materiais Compostos

**Dos flocos de vidro** São pequenas escamas de vidro produzidas à partir de vidro tipo 'C', especialmente desenvolvidos para resistência química, com apenas 3-4 µm de espessura. Embora de configuração irregular, estas escamas estão geralmente disponíveis nas seguintes dimensões máximas: 3,2, 0,8 e 0,4 mm respectivamente.

As formulas baseadas em várias combinações de resinas e escamas de vidro resultam em compostos aplicáveis em Spray ou com desempenadeira, todos eles com excelentes propriedades químicas e mecânicas. Ver tabela I quanto aos principais tipos disponíveis.

### **Por que o reforço com flocos de vidro?**

---

O principio de uso de pigmentos laminados e outras cargas a base de escamas é bastante conhecido e foi utilizado durante algum tempo com o objetivo de se reduzir a permeabilidade de revestimentos. Por causa de seu tamanho e pureza, as escamas de vidro apresentam um desempenho superior sob este aspecto. Outras cargas e materiais floculares, inclusive as fibras de vidro também reduzem a permeabilidade, embora não na mesma magnitude que as escamas de vidro, ver a tabela II.

Devido a sua reduzida espessura de apenas 3-4 µm, as escamas de vidro podem chegar a até 150 camadas sobrepostas por mm de revestimento, proporcionando deste forma uma forte barreira à penetração de vapor. Sendo distribuído uniformemente por todo o revestimento, o vidro aumenta a resistência do revestimento ao impacto e à abrasão. Em condições de trabalho sujeitas a erosão ou a abrasão, a camada de resina é removida da superfície de modo a expor uma camada dura de vidro que em caso de desgaste dá lugar a outra camada de vidro. O reforço por escamas de vidro também aumenta a aderência da resina ao substrato, evitando assim a corrosão (solapante) sob a película curada.

O reforço com escamas de vidro exerce outras funções importantes, como a redução da tensão de contração da resina durante a cura e a modificação do coeficiente de expansão térmica do sistema curado, de modo a aproximá-lo ao do aço. Estes dois fatores, associados a uma excelente aderência, permite ao revestimento interno ou externo ficar aderido às superfícies de aço, sob temperaturas de até 170 °C.

O revestimento é capaz também de suportar choques térmicos, conforme mostram os excelentes resultados obtidos em testes de ciclos alternados entre - 30°C e + 50 °C durante 10.000 horas e de 10 ciclos alternados entre água fervente e água gelada em intervalos de 60 segundos.

### **Propriedades físicas**

---

As propriedades físicas de revestimentos internos/externos reforçados com escamas de vidro variam em função tanto da resina-base como do tamanho e do teor de vidro. A tabela II mostra em detalhes as propriedades físicas de um sistema de poliéster bisfenólica com 2 mm de espessura (item 4 da tabela I). As propriedades de outros sistemas a base de poliéster bisfenólica e éster-vinílica são bastantes similares.

A resistência química e as características principais de cada uma das resinas básicas são resumidas na tabela IV.

As propriedades mais significativas são detalhadas a seguir e completados com comentários sobre suas vantagens praticas.

Tabela I:

Principais tipos de materiais a base de flocos de vidro					
Nº	Resina básica	Tamanho dos flocos	Peso Em %	Espessura nominal	Método de aplicação
1	Éster-vinílica	3,2 mm	30	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira*
2	Éster-vinílica	0,8 mm	25	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel
3	Éster-vinílica	0,4 mm	15-25	0,50 - 1,0 mm	Spray ou pincel
4	Poliéster bisfenólica	3,2 mm	30	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira*
5	Poliéster bisfenólica	0,8 mm	25	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel
6	Poliéster bisfenólica	0,4 mm	15-25	0,50 - 1,0 mm	Spray ou pincel
7	Poliéster acido-Het	3,2 mm	30	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira*
8	Poliéster acido-Het	0,8 mm	25	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel
9	Poliéster acido-Het	0,4 mm	15-25	0,50 - 1,0 mm	Spray ou pincel
10	Poliéster isoftálica	3,2 mm	30	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira*
11	Poliéster isoftálica	0,8 mm	25	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel
12	Poliéster isoftálica	0,4 mm	15-25	0,50 - 1,0 mm	Spray ou pincel
13	Epóxi	3,2 mm	30	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira*
14	Epóxi	0,4 mm	28	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel
15	Furânica	3,2 mm	25	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira
16	Furânica	0,4 mm	25	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel
17	Poliuretano	3,2 mm	30	1,50 - 2,0 mm	Desempenadeira
18	Poliuretano	0,4 mm	25	0,75 - 1,0 mm	Spray ou pincel

\* Material de formula especial baseada em escamas de vidro de 1/8" que permitem uma aplicação de Spray via pistola de alimentação cônica (hopper gun).

Tabela II

Comparação da resistência à permeabilidade		
Materiais	PermS	Perm-CM
Resina poliéster pura	0,1195	$2,988 \times 10^{-10}$
Flocos de vidro 1/8" não peneirados	0,0160	$1,358 \times 10^{-11}$
Laminado de fios picados	0,0909	$1,532 \times 10^{-10}$
Mica, malha 160	0,0415	$4,850 \times 10^{-11}$
Silicato de cálcio	0,1700	$1,358 \times 10^{-10}$
Pintura epóxi	1,6900	$2,968 \times 10^{-10}$
Pintura a base de poliuretano	7,3400	$2,852 \times 10^{-10}$
Pintura a base de neoprene-Hypalon sobre		
Base de resina poliéster bisfenólica	0,8930	$1,727 \times 10^{-10}$

Tabela III

Propriedades físicas típicas FLAKEGLASS 2000 B (ARCHCOAT 500B)			
	Método de Ensaio		
Dureza Barcol		40 no mínimo	
Resistência a tração	ASTM.D882-56T	27.372 n/mm	
Alongamento	ASTM.D638-58T	1 %	
Resistência à flexão	ASTM.D790-49T		
	Tensão	62,74 n/mm	
	Módulo	9.2 kn/mm	
Coefficiente de expansão térmica (linear)		$3.474 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	
Névoa Salina	ASTM. B1117-57T (20.000horas)	Sem efeitos	
Choque térmico	Teste de câmara Teeny		
	300 horas - 82 °C		
	2 horas na temperatura 1 hora de transição	Sem efeitos	
Taxa de transmissão de vapor	ASTM.D570	Perm	Perm CM
ARCHCOAT 500B		0,0160	$1,358 \times 10^{-11}$
Laminado de fios picados		0,0900	$1,532 \times 10^{-10}$
Resina pura		0,1195	$2,988 \times 10^{-10}$
Nota: uso do mesmo veículo (resina) para as 3 amostras.			
Resistência à abrasão			
Abrasão Taber, rebolo CS-10, carga de 1 kg			
	Perda de peso	0,1150 g (1.000 ciclos)	
	Perda de espessura	75 µm	
Resistência ao impacto (120d)	Sem entalhe	25	
	Com entalhe	16	
Condutibilidade térmica		0,4 w/m/°C	
<u>Propriedades elétricas típicas</u>			
Resistência disruptiva	ASTM.D-149	25.000 Volts/mm	
Resistência ao arco voltaico	ASTM.D-495-58T	45 seg. em superfície áspera	
		61 seg. em superfície lisa	
Resistência interna	ASTM.D-257-58T	$30 \times 10^6$ meg-ohm-cm	
Constante dielétrica	Arco ao ar G.R.	K igual a 3,64	
Fator de dissipação	Arco ao ar G.R.	Fat. Diss. Igual a 0,025	

### Resistência à permeabilidade

Vários sistemas de revestimento interno e externo ficam sujeitos a defeitos porque agentes corrosivos penetram a película protetora alcançando o substrato onde a corrosão daí resultante produz empolamento ou desprendimento. A taxa de permeabilidade varia em função da temperatura diferencial entre o agente corrosivo e o substrato de modo a aumentar na medida em que cresce a temperatura de trabalho. Enquanto seus efeitos podem ser reduzidos mediante isolamento das superfícies externas de um vaso, de um modo geral pode-se dizer que quanto maior for a temperatura de trabalho tanto menor será a vida útil de um revestimento. Como revestimentos internos/externos a base de escamas de vidro são dez vezes menos permeáveis que sistemas alternativos, eles possuem uma expectativa de vida bem maior. Uma resistência à permeabilidade semelhante à resistência química básica constitui o fator determinante da vida útil de um revestimento ou pintura.

Ao operar a 85 °C, vasos separadores que receberam revestimentos reforçados com escamas de vidro (ver sistema I da tabela I) tem proporcionado uma operação sem problemas no mar do norte durante os últimos 7 anos. Revestimentos a base de poliésteres reforçados com escamas de vidro aplicados em plataformas e equipamentos de perfuração de poços de petróleo Offshore tem apresentado excelentes resultados nos EUA e estão começando a ser aplicados também em plataformas no mar do norte.

---

### **Resistência a corrosão sob a película (undercutting)**

---

Na medida em que tais sistemas apresentam boa resistência, há sempre a possibilidade de danos mecânicos (como acontece com qualquer revestimento), e sua capacidade de resistir à corrosão subsuperficial limita tal corrosão ao local do dano. Sistemas alternativos tais como revestimentos de película fina ou revestimentos de borracha ou em chapas freqüentemente permitem a corrosão solapante (undercutting) de modo a expor grandes áreas a ataques corrosivos.

Tais ataques costumam resultar em reparos mais dispendiosos e maiores tempos de paralisação. A presença de escamas de vidro, por sua vez, reforça o revestimento e aumenta sua força adesiva. Corpos de prova submetidos a um corte de serra através da película até o substrato de aço mostram a inexistência de qualquer corrosão solapante após um teste de névoa salina durante mais de 10.000 horas.

---

### **Resistência a impactos/abrasão/erosão**

---

Tais resistências são de importância fundamental, onde revestimentos a base de escamas de vidro tem mostrado excelente desempenho. Estes fatores são de difícil especificação, já que a avaliação do desempenho de qualquer material sujeito a esforços desta natureza é antes um caso de tentativa e de erro. Parâmetros de velocidade, tamanho e quantidade de partículas, ângulo do ataque corrosivo e outros fatores são capazes de afetar o desempenho de qualquer material, bastando uma pequena variação em qualquer um destes fatores para exigir a adoção de um sistema diferente para resistir aos seus efeitos causadores. Revestimentos a base de escamas de vidro substituíram a borracha nas aplicações em bombas e vasos onde problemas eram causados pela alta velocidade da água salgada com penetração de areia e de partículas de incrustações. Revestimentos aplicados em cascos de navios e hélices tem resistido a ataques abrasivos e de cavitação com apenas breves paradas. Vasos separadores revestidos com sistemas a base de resina éster-vinílica apresentaram danos desprezíveis, mesmo após desmontagem e remontagem de toneladas de conexões internas. Filtros de areia não mostraram efeitos negativos [1] após 5 anos de funcionamento.

Todos os referidos resultados foram obtidos com materiais a base de poliéster ou resinas éster-vinílicas. A nova série de sistemas a base de poliuretano foi projetada com o objetivo de melhorar ainda mais as propriedades anti-abrasivos/-erosivas destes sistemas

---

### **Flexibilidade**

---

Embora sem as características de polímeros elásticos, todos os sistemas a base de escamas de vidro permanecem aderidos ao substrato e possuem uma flexibilidade adequada ao ponto de deformação de aço. Os novos materiais a base de poliuretano vão além disso, embora, para a maioria das aplicações previstas, a capacidade de operar dentro dos limites de elasticidade convencional do aço, geralmente seja suficiente.

---

### **Facilidade de reparos (retoques)**

---

Ao contrário de revestimentos de borracha ou de epóxi, sistemas a base de resinas de poliéster ou de éster vinílico são de reparo simples e eficaz. Basta um jateamento abrasivo de qualquer superfície de aço exposta, jateando-se levemente o revestimento circundante, removendo-se o material velho com pano embebido em solvente, seguida da aplicação de material novo para se obter uma aderência quase perfeita.

Os reparos de revestimentos de borracha ou de epóxi, por sua vez, em geral só apresentam uma eficiência de 50%.

## Cura rápida

Todos os sistemas reforçados com escamas de vidro se apresentam por materiais bicomponentes, 100% de sólidos, cuja cura química ocorre rapidamente a temperatura ambiente (10-30 °C), permitindo a aplicação de duas camadas em seqüência rápida.

Sob este aspecto, sistemas a base de poliéster e éster vinílico oferecem melhores condições com tempos de cobertura típicos na faixa de 2-3 horas, embora seja possível a obtenção de tempos mais curtos. Uma cura total costuma levar cerca de 72 horas a 25 °C, embora este ciclo possa ser reduzido a 12 horas sob temperaturas entre 30 e 40 °C. Materiais a base de epóxi e poliuretano demandam duas vezes o tempo acima mencionado, enquanto os a base de furânica endurecem rapidamente no início para, no final do ciclo, exigir uma cura a 80-100 °C afim de alcançar sua resistência química plena. A característica de uma cura rápida é um fator importante tanto para as instalações originais como para sua manutenção posterior quando se trata de reduzir o tempo de parada ao mínimo possível.

## Seleção do revestimento interno/externo

Na seleção do sistema de revestimento correto para determinadas condições operacionais, é necessário levar em conta uma série de fatores. Embora os estudos correspondentes fiquem geralmente a cargo do fabricante, que fará uma recomendação com base na sua experiência, o engenheiro competente do usuário poderá seguir esta orientação:

### Fator

- a. Ambiente corrosivo
- b. Temperatura de trabalho
- c. Condições mecânicas
- d. Facilidade de aplicação

### aspectos a considerar na escolha

- Resina anticorrosiva
- Espessura e tamanho corretos das escamas
- Espessura correta
- Pulverização (Spray) ou desempenadeira

**A resina** selecionada deve ser resistente às condições operacionais envolvidas. Para a maioria das aplicações em plataformas Offshore, tal exigência indica o uso de poliéster ou éster-vinílico como sendo a melhor escolha. Embora resinas epóxi ou furânicas resistam a maioria destes ambientes agressivos, outros aspectos, tais como custo, facilidade de reparo e flexibilidade tornam sua aplicação menos atraente, ver tabela IV.

**A espessura** selecionada varia em função da temperatura e/ou de aspectos mecânicos, ou seja:

- 0,5 mm - para temperatura ambiente, uso externo ou serviços em reservatório de água;
- 1,0 mm - uso externo agressivo, revestimento sujeito a temperaturas de serviço até 60 °C, condições de abrasão/erosão leves a medias;
- 2,0 mm - revestimentos sujeitos a temperaturas até 100 °C sob severas condições de abrasão/erosão.

**A facilidade de aplicação** pode impor o uso de Spray em 3-4 camadas para se obter uma espessura de 2 mm, quando necessário. Extensas áreas, por exemplo, que exigem um revestimento dentro de um curto prazo ou determinadas áreas internas/inacessíveis de difícil revestimento com ferramentas manuais. Quando o método de Spray é adotado para um revestimento de 2 mm, a resistência a permeabilidade máxima é obtida através de um sistema com escamas de 0,8 mm.

Tabela IV

DADOS CARACTERÍSTICOS PARA A SELEÇÃO DE RESINA		
Tipo de resina	Resistência química	Características
Éster-vinílica	Ácidos e álcalis fortes, alguns solventes, certos compostos Orgânicos	Melhor resistência química geral flexível, alta capacidade térmica, reduzida estabilidade a armazenagem.
Poliéster bisfenólica	Ácidos minerais fortes, álcalis, óleos	Longa estabilidade a armazenagem, boa resistência química, alta capacidade térmica.
Poliéster ácido Het	Ácidos de oxidação forte	
Poliéster isoftálica	fraca a ácidos fortes, água salgada, água fresca e óleos	Baixo custo, baixa resistência térmica
Epóxi	Óleos, álcalis fortes, solventes, ácidos diluídos	Reduzida facilidade de reparos, menos flexível, cura lenta
Furânica	Excelente resistência a solventes, boa resistência química em Geral	Bastante expansivo, mais quebradiço, exige pós-cura final
Poliuretano	Ácidos e álcalis diluídos, água salgada	Boa flexibilidade e resistência a abrasão/erosão.

### Áreas de aplicação típicas

A relação abaixo especifica algumas áreas de aplicação típicas na indústria petrolífera com escolha normal do sistema. O respectivo número do sistema foi extraído da tabela I.

<u>Aplicação</u>	<u>Sistema N°</u>
Estrutura de plataforma - geral	3, 6 ou 12 (0,5 mm)
Estrutura de plataforma - zona de respingos	5 ou 11
Estrutura de plataforma - conveses	6 ou 12 (1 mm)
“Árvores de natal”	3 ou 6 (1 mm)
“Risers”	17 ou 1
Tanques de lama	3 ou 6 (1 mm)
Vasos separadores	1 ou 2
Vasos de filtração	3 ou 6 (1 mm)
Desaeradores	3 ou 6 (1 mm)
Separadores (Tambores ejetores)	1 ou 2
Tanques dosadores	1 ou 4
Estocagem de óleo cru	2 ou 11
Bombas e válvulas	1 & 2 ou 17 & 18
Tubulações	2, 3, 5 ou 6 (1 mm).

### Custos envolvidos

O custo aplicado em qualquer revestimento interno/externo é composto da preparação preliminar de aço (esmerilhamento etc.), jateamento abrasivo, aplicação, custo de material e inspeção. Levando-se todos estes itens em consideração, o custo de sistemas reforçados com escamas de vidro leva vantagem na comparação com materiais alternativos.

**Revestimentos internos:** Sistemas de 2 mm de espessura são geralmente mais baratos que revestimentos de borracha ou FRP (“Fiberglass”) de qualidade similar, levando-se em conta os custos

envolvidos com a preparação inicial dos últimos.

**Revestimentos externos:** Revestimentos de 0,5 ou 1 mm de espessura são geralmente 30-50% mais caros que alternativas convencionais, resultante da espessura adicional de material aplicada na superfície. Tal espessura adicional associada às vantagens técnicas dos revestimentos reforçados com escamas de vidro dispensa praticamente qualquer tipo de manutenção. Desta forma, eles proporcionam uma boa economia em termos de custo por m<sup>2</sup>/ano.

Testes realizados em separado pelo National Bureau of Standards, EUA, relevaram que um sistema a base de poliéster/escamas de vidro superou 23 outros tipos de revestimentos numa aplicação em estruturas de plataforma Offshore com paradas desprezíveis após seis anos de uso.

Em muitos casos, a aplicação rápida, envolvendo curtos tempos de revestimentos final e cura rápida, proporciona economias no custos de tempo parado o que compensa, de longe, os custos de qualquer sistema de revestimento interno ou externo aplicado em instalações Offshore.

### Projeto de vasos e estruturas para revestimento

---

Em muitos aspectos, as considerações básicas de projeto são as mesmas previstas para outros sistemas de revestimento interno/externo de alta qualidade e podem ser resumidas da seguinte forma:

1. Todas as costuras devem contar com soldagem contínua, não se admitindo solda pontilhada.
2. As soldas devem ser alisadas com a remoção de quaisquer respingos de solda, dispensando-se o alisamento de escoria. São aceitas soldas feitas a máquina ou a mão de boa qualidade, apenas pontos salientes precisam ser alisados.
3. A soldagem a topo deve ser preferida a solda sobreposta ou à rebitagem.
4. Cantos vivos externos devem ser retificados com raio de concordância de aproximadamente 1/8".
5. Peças de reforço e suporte devem ser fixadas na parte externa dos tanques ou equipamentos.
6. Tubos ramais devem ser flangeados ou fixados por coxins, não aparafusados.
7. Devem ser evitadas conexões aparafusados de defletores e de outras conexões.
8. Devem ser evitadas fendas ou bolsos inacessíveis de difícil jateamento abrasivo e revestimento.
9. Evitar o uso de tampas aparafusadas em reservatórios. Tampas (cobertas) totalmente soldadas são mais econômicas de revestir.
10. Os fundos de tanques devem ser adequadamente apoiados para reduzir seu movimento ao mínimo possível.

Muitos detalhes de um projeto deficiente podem ser superados, embora a um custo de revestimento mais alto e, as vezes, a custo da qualidade em geral. É mais barato e fácil, por exemplo, revestir um suporte do segmento de uma caixa do que um viga dupla Tê, porque existem poucos cantos, menor área superficial e menor número de faces a serem revestidos. Suportes tubulares são ainda melhores que vigas dupla-Tê ou segmento de caixas, salvo nos casos em que as superfícies conjugadas possam resultar em fendas.

É sempre melhor discutir detalhes com o empreiteiro do revestimento já na fase de projeto antes de que seja tarde demais.

### Preparação de superfície e aplicação

---

Os métodos de aplicação são similares aos usados em outros sistemas de revestimento.

**Preparação de superfície:** Jateamento abrasivo conforme norma sueca SIS, Sa21/2 ou Sa3. O perfil de jateamento pode e deve ser mais alto, se possível, do que o previsto para revestimentos de película fina, sendo a faixa ideal entre 75 e 150 µm.

**Fundo:** Embora disponíveis, primers não são essenciais a uma aplicação bem sucedida de



revestimentos de escamas de vidro (salvo para sistemas a base de resina furânica). Primers são empregados para facilitar a manutenção do padrão de jateamento no fim da aplicação diária do jateamento abrasivo em grandes obras, admitindo-se uma aplicação do revestimento logo após a preparação sem uso de primer.

**Revestimento** A pulverização (Spray) pode ser realizada por meio de um tambor de pressão com saída pelo fundo, pulverização airless ou mediante equipamento especial de duas unidades conjugadas. É utilizada uma pistola de alimentação cônica (hopper gun) na aplicação de materiais mais espessos, seguida de roleteamento para alisar a superfície e da remoção das marcas deixadas pela desempenadeira (não para alinhar as escamas como se informa freqüentemente). São empregados pincéis e pequenas ferramentas manuais para aplicar o revestimento em bombas e válvulas, ao passo que se usa equipamentos centrífugos para revestir tubulações. Podem ser adotadas outras técnicas, tais como imersão e tubos isolantes para revestir tubos e bicos de diâmetro reduzido.

**Condições de aplicação:** Estas não são tão críticas quanto as exigidas de alguns sistemas de revestimento. Os sistemas de poliéster/éster vinílico podem ser aplicados na faixa de temperatura de 0-60 °C e com umidade relativa de até 90 % sem prejudicar a vida útil do revestimento. Também a existência de vestígios de cloreto na superfície não parece afetar seu desempenho. É provável que tal insensibilidade seja resultado da espessura e resistência à permeabilidade do material, impedindo o acesso da umidade à superfície de aço.

Pela mesma razão, a especificação Sa 2½ do jateamento abrasivo confere um bom desempenho idêntico à especificação Sa3.

Os requisitos principais incluem existência de superfícies secas e livres de pós tanto para a primeira demão como para as demãos subsequentes. Na hipótese de vasos ou equipamentos já terem estado em funcionamento, cuidados devem ser tomadas para garantir que componentes de óleo e sulfurosos sejam totalmente eliminados de superfície e poros do metal. Tal remoção pode envolver um banho de decapagem e uma limpeza a vapor antes do jateamento abrasivo. Superfícies profundamente corroídas e micro-fissuradas não representam problemas, contanto que o perfil seja preenchido com o revestimento ou pintura.

## Controle da qualidade

---

Este controle pode ser desdobrado em duas seções: durante a aplicação e inspeção final.

**Durante a aplicação** Cabe ao aplicador e inspetor verificar se as condições especificadas foram satisfeitas. A temperatura do aço deve ficar acima de 3°C do ponto de orvalho e, salvo utilização de um desumidificador, o primer ou a primeira demão do revestimento deve ser aplicado no mesmo dia do jateamento abrasivo da mesma área. Os intervalos entre as demãos subsequentes não tem importância para sistemas adequadamente formulados, podendo ser executados logo após a pega inicial da demão anterior ou depois de algumas semanas ou mais. Entende-se por pega inicial o endurecimento suficiente da demão de modo a não provocar seu escorrimento (afundamento) sob o peso da nova demão, mesmo com a superfície ainda pegajosa. Quaisquer impurezas porventura existentes entre as camadas devem ser removidas com solvente antes da aplicação da próxima demão.

É evidente que a espessura da película úmida deve ser verificada em cada revestimento, podendo se usar cores para identificação das camadas, para assegurar uma cobertura completa das demãos subsequentes.

**Inspeção final** A inspeção final deve incluir uma verificação da continuidade da aplicação, espessura e cura no caso de revestimento interno. Revestimentos externos devem ser submetidos somente a um controle visual quanto a continuidade da aplicação, podendo a medição da espessura ser obtida mediante medidor da película seca.

Revestimentos internos devem ser submetidos a um controle 100 % da área quanto a continuidade da aplicação por meio de um aparelho de teste de faíscas de alta tensão CCa 5000 V por mm de espessura. A cura de sistemas a base de poliéster e de éster vinílico pode ser verificada com medidor de dureza Barcol da Barber Coleman com um índice mínimo de 40.

Neste contexto convém lembrar que, através desses sistemas de películas espessas, a espessura pode variar de modo a não permitir um controle preciso ao nível de 1 ou 2 mm.

A espessura é nominal e pode variar até 25% para mais ou para menos nas leituras máximas. O que

importa é a cifra mínima a ser obtida, ou seja 0,75 mm ou 1,5 mm respectivamente para a referida espessura nominal. Espessuras maiores não são prejudiciais ao desempenho do sistema.

## **Conclusões**

---

Revestimentos internos e externos reforçados com flocos de vidro tem sido utilizados pela indústria petrolífera com grande sucesso tanto offshore como on-shore (no continente) na ultima década com o objetivo de combater a corrosão. Sistemas a base de poliéster e éster vinílico tem se destacado no passado por sua economia e é provável que sua boa trajetória ascendente continue também no futuro. Os recém-desenvolvidos revestimentos a base de poliuretano/flocos de vidro poderão substituir aqueles em determinadas áreas onde prevalecem severas condições mecânicas. Sua mistura única de resistência química e propriedades físicas, associados a um excelente desempenho comprovado, permite aos técnicos especifica-los de modo confiável para um controle de corrosão de baixo custo e por longo prazo.