

Copyright 2010, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

**Revestimento orgânico interno de válvula esfera: Caso prático.**  
André Koebsch<sup>1</sup>, Erik Barbosa Nunes<sup>2</sup>, Fabrizio Cruz de Almeida<sup>3</sup>

---

## Abstract

Petrobras is seeking to have their old oil fields live protracted. To achieve this purpose some secondary retrieval technical has being used, for example: CO<sub>2</sub> injection, production water injection and so on. In the case the oil fields are using production water injection is demanded an organic anticorrosive coating applied to the equipment internal surface. It's necessary due the water corrosive characteristics. The produced water even treated has an elevated tenor of chloride, acid pH, presence of organics acids, H<sub>2</sub>S and no O<sub>2</sub>. The Carmópolis oil field – Sergipe was chosen aiming to verify the organic anticorrosive coating efficiency in an aggressive environment where the chloride content is bigger than 150,000 mpp. A new sphere valve with 4" and 600 # was used for the test performance. The valve had its internal surface coated and performance the operated during 1 year and half. This paper aim to present the coating performance results after this operation period.

---

## Resumo

A Petrobras vem buscando o prolongamento da vida útil dos campos maduros produtores de petróleo. A busca deste objetivo vem sendo feita com a utilização de técnicas de recuperação secundária como, por exemplo: injeção de CO<sub>2</sub>; reinjeção de água produzida entre outros. No caso dos campos onde está sendo utilizada a reinjeção de água produzida, há a necessidade da aplicação de revestimento anticorrosivo orgânico na face interna dos equipamentos devido às características corrosivas da água. Esta, apesar de tratada, possui teor elevado de cloreto, pH ácido, presença de ácidos orgânicos, H<sub>2</sub>S e ausência de O<sub>2</sub>. Buscando comprovar a eficiência do revestimento orgânico em meios agressivos foi selecionado o Campo de Carmópolis – Sergipe onde os teores de cloreto são maiores que 150.000 ppm. Uma válvula esfera, nova, de 4" e classe 600 # foi utilizada no teste de desempenho. Esta teve seus internos revestidos e foi colocada em operação por um período de 1 ano e meio. Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados de desempenho do revestimento após o período de operação.

**Palavras-chave:** revestimento interno anticorrosivo, válvula esfera.

---

<sup>1</sup> Engenheiro de Revestimentos – Petrobras S.A.

<sup>2</sup> Engenheiro de Revestimentos – Petrobras S.A.

<sup>3</sup> Engenheiro de Revestimentos – Nova Coating

## 1. Introdução

Este trabalho objetiva descrever as etapas de pré-usinagem, aplicação do revestimento anticorrosivo à face interna de uma válvula tipo esfera, pós-usinagem, operação da válvula e inspeção no revestimento após período de operação da válvula (teste prático).

Foi selecionado uma válvula de 4" com classe 600 # para a realização dos testes. A válvula foi revestida e colocada em operação no campo Carmópolis / UM-SEAL que está localizado no estado do Sergipe, por um período de um ano e meio com uma temperatura que variava entre 35 °C e 50 °C

O revestimento orgânico anticorrosivo selecionado objetiva suportar a agressividade, durante a operação da válvula, no transporte de água produzida. A água produzida é utilizada no prolongamento da vida de campos maduros produtores de petróleo através da injeção. Apesar de tratada, a água possui teor elevado de cloreto de 175.000 ppm, pH ácido, presença de ácidos orgânicos, H<sub>2</sub>S e ausência de O<sub>2</sub>. Este revestimento tem capacidade de operar com temperaturas de projeto compreendidas entre - 40 e 120 °C.

## 2. Características do revestimento anticorrosivo

O revestimento é constituído por um termo plástico fluorado com duas ou três camadas, sendo que a espessura da película seca do revestimento aplicado deve ser de  $350_{-50}^{+50}$  µm depois de pós-usinada e o material de revestimento deve atender os requisitos prescritos nas tabelas abaixo.

**Tabela I - Propriedades da matéria prima (revestimento)**

Propriedades	Unidades	Valores Limites		Métodos de Ensaio
		Mín	Máx	
<b>PRIMER</b>				
Índice de fluidez	g/10 min	9	15	ASTM D 3275
Ponto de fusão	°C	240	245	ASTM D 3275
Densidade	---	1.65	1.71	ASTM D 3275
<b>TOPCOAT</b>				
Índice de fluidez	g/10 min	9	15	ASTM D 3275
Ponto de fusão	°C	220	227	ASTM D 3275
Densidade	---	1.65	1.71	ASTM D 3275

**Tabela II - Propriedades do Revestimento**

Propriedades	Unidades	Valores Limites	Métodos de Ensaio
Tensão à ruptura	Mpa	Mín. 41.4	ASTM D 792
Alongamento à ruptura	%	Mín. 220	ASTM D 638
Constante dielétrica a 10 <sup>6</sup> Hz	-	Máx 2.60	ASTM D 150
Fator de dissipação a 10 <sup>6</sup> Hz	-	Máx 0.0149	ASTM D 150
Imersão à 120°C	-	Ausência de falhas	(2)
Absorção de água (Imersão a 20°C durante 3 meses)	%	Máx. 0.01	ASTM D 570
Resistência à erosão	g/g	45	Jato com areia a 45° e 90° e velocidade de 6,0 m/s
Resistência à abrasão	G	0,005	ASTM D 4060
Resistência à abrasão, CS 17 com 1000 gramas / 1000 ciclos	G	Máx 0,005	ASTM D 4060
Empolamento a gás	-	Ausência de empolamento	API RP 5L2
Empolamento hidráulico	-	Ausência de empolamento	API RP 5L2
Tempo de vida útil em estoque	-	(1)	-
<b>Nota:</b> 1) O material estocado a uma temperatura de 25°C tem vida útil ilimitada. 2) Imersão em meio de H <sub>2</sub> S: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de ensaio: 2.000 horas;</li> <li>• Temperatura: 90°C e 120°C;</li> <li>• Pressão: P<sub>vap</sub> da água na temperatura de ensaio;</li> <li>• Composição da solução de ensaio:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teor de Cloretos = 70.000 ppm</li> <li>- Teor de Acetato de Sódio = 21 g / L</li> <li>- pH inicial = 5 (ajuste com adição de HCL 37%)</li> <li>- Teor de H<sub>2</sub>S = 4%</li> <li>- Teor de CO<sub>2</sub> = 96%</li> </ul> </li> </ul>			

**Tabela III - Requisitos do revestimento aplicado**

Propriedades	Unidades	Valores Limites	Métodos de Ensaio
Aderência por tração	MPa	15	ASTM D 4541
Visual	-	Passa / não passa	-
Espessura total	µm	350 <sup>+50</sup> <sub>-50</sub>	SSPC PA2
Holiday detector (via úmida)	V	90	NACE SP-0188
Empolamento ao calor	Visual	Ausência de empolamento	Nota
Dureza Shore D (t = 1s)	-	76	ASTM D 2240
<b>Nota:</b> O teste deve ser realizado a uma temperatura entre 50 e 60 °C mantendo-se a temperatura nesta faixa por um período de uma hora.			

### 3. Aplicação do revestimento em planta

#### 3.1 Pré-usinagem da válvula

Para a aplicação do revestimento se faz necessário a usinagem de todos os componentes internos da válvula, áreas de encaixe, alojamento da sede, capa anel e o'ring. O material removido, aço, é substituído pelo revestimento anticorrosivo. Esta usinagem desqualifica a válvula para a montagem tradicional ou em outras palavras, a válvula está "morta" para o processo. Nesse estágio consideramos que a válvula encontra-se ajustada para aplicação do revestimento. A figura abaixo descreve esta condição.



No passo seguinte a válvula segue para a aplicação do revestimento.

#### 3.2 Preparo da Superfície

Após o ajuste da válvula para aplicação do revestimento, toda a superfície interna foi limpa e encontrava-se livre de graxa, óleo, gordura, poeira, rebarbas ou camadas de óxido solto e demais materiais estranhos. O uso de solventes não é permitido no processo de limpeza, pois poderia vir a contaminar o material de aplicação, colocando em risco a performance do revestimento.

Findo o processo de descontaminação e antes do jateamento abrasivo a válvula foi submetida a um aquecimento com temperaturas entre  $325^{\circ}$  e  $400^{\circ}\text{C}$  (temperatura do substrato metálico) durante 2 horas em estufa, para eliminação de contaminantes existentes de acordo com a norma NACE N°. 6G 194/SSPC SP TR1 – Termal Pre-heating.

A contaminação por sais solúveis foi verificada de acordo com a norma NACE No.5/SSPC-SP 12, Tabela 2, condição SC-2 e o valor máximo de contaminantes encontrado foi de  $0,2\mu\text{g}/\text{cm}^2$ , medidos pelo instrumento ELCOMETER 130-SCM 400.

Foram esmerilhados todos os cantos vivos, arestas e demais irregularidades encontradas na válvula visando o cumprimento da norma NACE SP-0278. Todas as áreas que não foram revestidas foram mantidas isoladas por meio do uso de fitas especiais ou dispositivos metálicos, como tampões.

### 3.3 Jateamento Abrasivo

Toda a superfície interna da válvula, na qual o revestimento anticorrosivo foi aplicado, sofreu jateamento até chegar ao metal quase branco, segundo a norma NACE No.2/SSPC-SP10 ou, no mínimo, a uma das gravuras Sa 2 1/2 da norma ISO 8501-1. O jateamento atingiu toda a face de vedação do flange para a posterior aplicação do revestimento.

A válvula foi aquecida buscando que a temperatura do metal fosse mantida 3 °C acima da temperatura do ponto de orvalho.

O perfil de rugosidade verificado ficou entre 60 µm e 100 µm, medido utilizando-se o método “Replica Tape” (“Press-o-Film”).

O ar comprimido utilizado na aplicação do jato abrasivo estava isento de água ou de óleo. Isto foi obtido através da utilização de filtros e separadores.

O jateamento abrasivo foi executado em cabine fechada.



Cabine de jateamento



Peças após jateamento

### 3.4 Pós jateamento

A superfície da válvula foi inspecionada após o jateamento e encontrava-se isenta de escórias de soldagem e defeitos de laminação.

Toda granalha remanescente no interior da válvula foi removida.

A superfície da válvula jateada encontrava-se isenta de contaminação por pó, que não excediam ao determinado pela a figura 2 da norma ISO 8502-3.



Válvula após jateamento



Válvula após jateamento

### 3.5 Aplicação

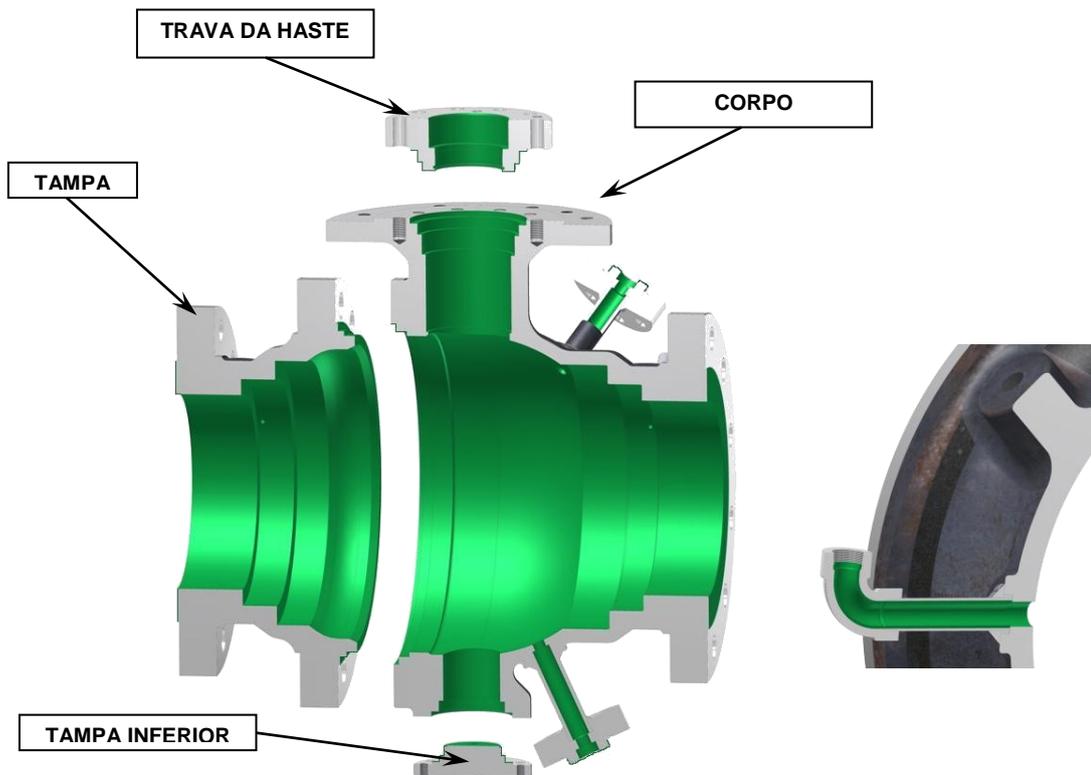
A válvula, antes de ser submetida a pré-aquecimento e aplicação eletrostática do revestimento, atendia aos requisitos da norma NACE SP 178, que trata de “Detalhes de Fabricação, Requerimentos de Acabamentos Superficial e Considerações de Desenhos e Geometria Apropriadas”.

O Pré-aquecimento da válvula foi em estufa adequada com temperaturas entre 300 °C e 320 °C, (temperaturas medidas diretamente no substrato metálico da peça).

A aplicação do revestimento foi realizada por meio de equipamento aplicador de pó eletrostático sobre a peça aquecida “HOT FLOCK” a 30/40 kVA, com dosagem de matéria prima de acordo com a geometria da peça e espessura especificada.

O revestimento é composto de duas camadas: A primeira com uma demão de “primer” e a outra com duas de acabamento “Top Coat” e a temperatura de cura em estufa: 270°C / 290°C por 40 min (temperaturas medidas diretamente no substrato metálico da peça).

Nas áreas pré-usinadas da válvula, a espessura ficou entre 400 e 500 µm para permitir a pós-usinagem deixando, assim, os conjuntos de peças com as tolerâncias originais do projeto.





Aplicação do revestimento



Inspeção visual



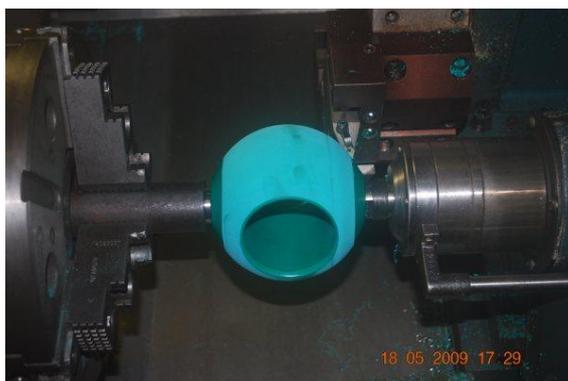
Inspeção visual



Válvula após montagem

### 3.6 Pós-usinagem da Válvula após Aplicação do Revestimento

Após a aplicação do revestimento a válvula passa a ter dimensões de um bruto de fundição. Em outras palavras, a válvula tem as dimensões necessárias para que seja re-usinada e posta em operação. A figura 2 ilustra esta condição. Podemos dizer que a peça está “viva” e em condições para ser novamente usinada.



Usinagem da esfera



Ajustando a esfera à sede

No passo seguinte a válvula seguiu para a montagem e pré-operação.

### 4 Inspeção do Revestimento Anticorrosivo da Válvula após Operação

Foram realizados os seguintes ensaios no revestimento anticorrosivo aplicado à face interna da válvula. Os ensaios são descritos abaixo.

#### 4.1 Inspeção Visual

A inspeção visual foi feita em toda a superfície da válvula revestida. Cor e aparência não uniformes, bolhas, escorrimento, entalhes, rasgos, aspereza, formação de espuma ou qualquer outro defeito que pudessem prejudicar a performance do revestimento não foram aceitos.

#### 4.2 Espessura Total

A medição da espessura da película seca do revestimento anticorrosivo foi realizada em 20 pontos espaçados uniformemente.

#### 4.3 Descontinuidade do Revestimento

O revestimento aplicado foi submetido a ensaio de detecção de descontinuidade com a utilização de um equipamento tipo “holiday detector” de corrente contínua via úmida de 90 V, conforme a norma NACE Standard SP-0188 em 100% da superfície revestida.



Revestimento interno do corpo intacto



Revestimento interno da tampa intacto



Revestimento interno da tampa intacto



Revestimento interno da tampa com incrustação

### 5. Conclusão

O revestimento interno se manteve intacto após o período de operação.

Não houve perda de espessura, pois a inspeção indicou que a mínima espessura encontrada foi de 300  $\mu\text{m}$  comprovando a resistência deste revestimento a abrasividade.

Foi verificada incrustação na parede interna do corpo e da tampa da válvula. Este depósito já era esperado dada as características da água. Toda a incrustação foi facilmente removida o que mostra que o revestimento possui baixa rugosidade após aplicação. Uma outra vantagem da baixa rugosidade é a diminuição na turbulência interna da válvula melhorando o desempenho a mesma.

O revestimento se destacou em alguns pontos da esfera que por conseqüência apresentou corrosão com perda de espessura do aço. A válvula não pode mais voltar para operação obrigando a substituição desta por uma de aço inox AISI 410. Os estudos para a aplicação do revestimento em esferas ainda devem ser continuados.

O revestimento aplicado ao corpo apresentou resultado satisfatório e já vem sendo aplicado em larga escala nos campos da UN-SEAL.

## 6. Referências bibliográficas

- |              |  |
|--------------|--|
| API RP 5L2   | - Recommended Practice for Internal Coating of Line Pipe for Non-Corrosive Gas Transmission Service;                       |
| ASTM D 150   | - Standard Test Methods for AC Loss Characteristics and Permittivity (Dielectric Constant) of Solid Electrical Insulation; |
| ASTM D 570   | - Standard Test Method for Water Absorption of Plastics;   |
| ASTM D 638   | - Standard Test Methods for Tensile Properties of Plastics;  |
| ASTM D 792   | - Density and Specific Gravity (Relative Density) of Plastics by Displacement;   |
| ASTM D 2240  | - Standard Test Method for Rubber Property – Durometer Hardness;   |
| ASTM D 3275  | - Standard Classification System for E-CTFE-Fluoroplastic Molding, Extrusion, and Coating Material;                        |
| ASTM D 4060  | - Standard Test Method for Abrasion Resistance of Organic Coatings by the Taber Abraser;                                   |
| ASTM D 4541  | - Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers;                                  |
| NACE SP-0188 | - Discontinuity (Holiday) Testing of New Protective Coatings on Conductive Substrates;                                     |
| SSPC PA2     | - Measurement of Dry Coating Thickness with Magnetic Gages.  |