

AVALIAÇÃO DO EMPREGO DE UM PORCELANATO COMO CARGA EM TINTA EPÓXI COMUM¹

*Polyana Borges Dias²
Paula Ambrozini Sciamarella Sant'anna³
Marcílio Nunes Freire⁴
Eduardo Atem de Carvalho⁵*

Resumo

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento de alguns revestimentos para tubulações usadas na Indústria Petrolífera a fim de protegê-las contra corrosão e desgaste provocados pelos fluidos que passam pela tubulação. Esses revestimentos consistem de material compósito de tinta epóxi misturada a um porcelanato e também alumina em pó, em proporções variáveis. Esse material compósito passou por uma etapa de endurecimento e em seguida foram cortadas as amostras. Ensaios de abrasão foram realizados nas amostras com o intuito de se determinar a perda de massa das mesmas, e os resultados foram comparados aos de uma tinta empregada comercialmente que já contém uma carga cerâmica em sua composição. As misturas de tinta epóxi com alumina apresentaram os menores valores de perda de massa, sendo, portanto, as mais resistentes ao desgaste dentre as demais amostras, inclusive a da tinta comercial.

Palavras-chave: Tinta epóxi; Porcelanato; Resistência ao desgaste.

EVALUATION OF THE PORCELANATE USE AS LOADING IN A COMMON EPOXY PAINT

Abstract

The objective of this work is to study some oil industry tube coating behavior used to protect those tubes against corrosion and abrasion caused by moving flow. These coatings are composite materials made by epoxy paint mixed with fine ground porcelanate and alumina, in variable amounts. The composites went through a hardening phase (cure) and were sliced in samples. Abrasion tests were performed in all samples to determine mass loss and results compared to a commercial coating paint, which also contains a ceramic loading in its composition. The epoxy with alumina composite presented the smallest mass loss values, therefore being the most resistant to abrasion among all samples, including the commercial one.

Key words: Epoxy paint; Porcelanate; Wear resistance

¹ Contribuição técnica apresentada na 61º Congresso Anual da ABM, de 24 a 27 de julho de 2006, Rio de Janeiro – RJ

² Aluna de Doutorado, LAMAV/CCT/UENF. Av. Alberto Lamego 2000, Parque Califórnia, Campos dos Goytacazes, RJ, CEP: 28015-620, Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF), Centro de Ciência e Tecnologia (CCT), Laboratório de Materiais Avançados (LAMAV). <polyana@uenf.br>

³ Aluna de Graduação, LAMAV/CCT/UENF. < paulasant_anna@yahoo.com.br >

⁴ Aluno de Doutorado, LAMAV/CCT/UENF.

⁵ Eng.º Mecânico, M.Sc., Ph.D., Professor Associado, LAMAV/CCT/UENF. <atem@uenf.br>

1 INTRODUÇÃO

A indústria petrolífera no Brasil produz o petróleo cru, carregado com partículas, que é transportado por dutos.⁽¹⁾ O impacto destas partículas na parede interna dos dutos pode provocar danos severos à mesma, como desgaste por erosão e corrosão, comprometendo a sua integridade. Somente na Bacia de Campos existem aproximadamente 3.900 quilômetros de dutos submarinos.⁽²⁾

A corrosão-erosão pode ser entendida como sendo um aumento na velocidade de ataque do metal devido ao movimento relativo entre um fluido corrosivo e a superfície metálica. Os produtos sólidos que se formam sobre a superfície são arrastados ou o metal é removido. Em geral, a película sobre a superfície metálica é removida devido à ação abrasiva de fluidos movendo-se rapidamente, e o ataque localizado ocorre em regiões onde a película foi removida.⁽³⁻⁵⁾

Para evitar esse tipo de problema, foi desenvolvido um material compósito, cuja matriz é tinta epóxi e a carga consiste de alumina em pó, sendo também utilizado um porcelanato em pó, desenvolvido no Laboratório de Materiais Avançados da UENF, ainda em processo de patenteamento, com o intuito de revestir internamente esses dutos, protegendo o substrato contra a corrosão-erosão, possibilitando a diminuição do desgaste, o aumento da sua produtividade, a diminuição dos custos e dos riscos de acidentes. Para fins de comparação, também foi estudada uma proteção pintável contra abrasão comercial, utilizada atualmente no mercado para proteção contra corrosão-abrasão em superfícies metálicas, composta de resina epóxi e partículas cerâmicas.

As amostras foram preparadas através da mistura da tinta epóxi com os 2 tipos diferentes de pós cerâmicos (alumina e porcelanato) nas proporções de 0%, 25%, 50% e 75% em peso de carga, seguida da deposição das misturas em formas plásticas e secagem das mesmas por cerca de 5 dias. Após isso, foram cortadas 2 amostras no formato retangular para cada porcentagem de carga.

Foram realizados ensaios de abrasão nas amostras,^(6,7) com a finalidade de se obter a perda de massa das mesmas, e com isso determinar sua resistência ao desgaste. O mesmo foi feito com as amostras da tinta comercial, e os resultados foram comparados. Dentre as diversas misturas obtidas, a tinta epóxi com carga de alumina apresentou os melhores resultados, superando inclusive os da tinta comercial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Preparação das Amostras

Foram preparados corpos de prova de tintas de diferentes composições endurecidas em matrizes de plástico e cortadas em dimensões variáveis, porém, todas retangulares.

O primeiro tipo consiste de uma proteção pintável contra abrasão comercial, de custo elevado, cuja composição consiste de resina epóxi, agente de cura poliamínico, pigmentos inertes especiais e óxido de alumínio.

O segundo tipo consiste de uma tinta epóxi comum comercial, onde as proporções dos componentes são de 75% de resina para 25% de endurecedor (chamado Componente B).

O terceiro tipo consiste da mistura de alumina na forma de um pó muito fino à tinta epóxi, nas proporções de 25%, 50% e 75% (em peso).

O quarto e último tipo consiste na mistura da tinta epóxi comum a um porcelanato em pó, cuja composição e detalhes do processo de fabricação são desconhecidos, já que se trata de um material em processo de patenteamento, desenvolvido no Laboratório de Materiais Avançados da UENF. Tal porcelanato foi obtido pelo processo de produção via seca com formulação, processamento das massas, conformação e sinterização fundamentada na literatura. A matéria-prima argilosa é proveniente de Campos dos Goytacazes e Silva Jardim. Após a sinterização, as peças foram trituradas e transformadas em um pó fino (mesh #45). As proporções de pó na tinta também foram de 25%, 50% e 75% (em peso).

Após a preparação das tintas e suas misturas, as mesmas foram depositadas em matrizes plásticas de dimensões 25 mm x 35 mm (para as proporções de 0%, 25% e 50% de carga) e de 33 mm x 31,5 mm (para a proporção de 75% de carga), e aguardou-se o tempo de cura das mesmas, que foi de cerca de 5 dias (especificado pelo fabricante). Após o endurecimento das tintas, elas foram removidas e as amostras foram obtidas através do corte com uma serra "Makita" a fim de se obter corpos de prova no formato retangular.

Para cada percentual de carga adicionada, foram confeccionadas 2 amostras, inclusive para a tinta epóxi pura e a tinta comercial. As Figuras 1 a 4 ilustram as amostras confeccionadas.



Figura 1. Tinta Epóxi Pura



Figura 2. Tinta Epóxi+75%Alumina



Figura 3. Tinta Epóxi+75%Porcelanato



Figura 4. Tinta comercial

2.2 Ensaios de Abrasão

As amostras obtidas foram submetidas a um ensaio de abrasão em um Abrasímetro especial modificado microprocessado, da marca AB800-E, fabricado pela Contenco. Como mostra a Figura 5 a seguir, tal equipamento consiste de um disco de granito no estado como recebido, com diâmetro externo de 70 cm e diâmetro interno de 30 cm, usinado com pastilha diamantada, o que garante as dimensões requeridas ao acoplamento na base do equipamento. Sobre o disco existe uma garra de fixação das amostras, e mais acima há um suporte onde é colocada a carga de operação.⁽⁸⁾

Os parâmetros utilizados no teste foram carga vertical de 1,5 Kgf, rotação do disco de granito de 15 RPM e tempo de ensaio de 40 s. Embora as perdas por erosão que ocorrem no tubo sejam em meio líquido, este ensaio permite avaliar com clareza a variação relativa na perda de material entre a tinta pura e as diversas misturas.⁽⁹⁾



Figura 5. Abrasímetro AB800-E

Durante o ensaio, a amostra, fixa no suporte, fica parada em um ponto, enquanto o disco de granito gira na rotação estabelecida, até atingir o tempo de ensaio determinado. Um computador acoplado ao equipamento controla todos os parâmetros.

As amostras foram pesadas antes e após o ensaio, para que se possa determinar a perda de massa de cada amostra, a partir da seguinte equação:⁽⁸⁾

$$PM(\%) = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

onde M_i é a massa inicial (antes do ensaio), M_f é a massa final (após o ensaio) e $PM(\%)$ é a perda de massa em porcentagem, que corresponde à resistência à abrasão das amostras.

Esse ensaio também fornece resultados como força tangencial e desgaste em cada instante do teste. Assim foi possível obter gráficos de força tangencial versus espaço percorrido para cada amostra. O espaço percorrido foi calculado a partir dos valores rotação do disco e o tamanho de sua circunferência, considerando que as amostras foram fixadas no disco em um raio de 35 cm. Além disso, foi calculada a massa perdida por metro percorrido no ensaio.

3 RESULTADOS

Para cada tipo de amostra, foram calculadas as médias dos valores das massas iniciais e finais, e com isso a perda de massa foi determinada pela equação 1. Em seguida, o valor obtido de cada amostra contendo partícula cerâmica foi dividido por aquele obtido para a amostra de tinta epóxi pura, a fim de se ter um valor comparativo. As Tabelas 1 e 2 apresentam tais resultados.

Tabela 1. Perda de Massa para as diferentes misturas

Descrição	Perda de Massa (%)
Proteção Pintável Comercial	8,40
Tinta Epóxi Pura	11,67
Tinta Epóxi + 25% Porcelanato	25,35
Tinta Epóxi + 50% Porcelanato	27,59
Tinta Epóxi + 75% Porcelanato	26,80
Tinta Epóxi + 25% Alumina	3,85
Tinta Epóxi + 50% Alumina	3,42
Tinta Epóxi + 75% Alumina	0,90

Tabela 2. Perda de Massa Comparada para as diferentes misturas

Descrição	Perda de Massa (%)
Tinta Epóxi + 25% Porcelanato	2,17
Tinta Epóxi + 50% Porcelanato	2,36
Tinta Epóxi + 75% Porcelanato	2,30
Tinta Epóxi + 25% Alumina	0,33
Tinta Epóxi + 50% Alumina	0,29
Tinta Epóxi + 75% Alumina	0,08

Também foram montados gráficos de força tangencial versus espaço percorrido para cada amostra. A força tangencial é fornecida para cada instante do ensaio, e o espaço percorrido foi calculado a partir dos valores rotação do disco e o tamanho de sua circunferência. Os gráficos a seguir mostram tais resultados.

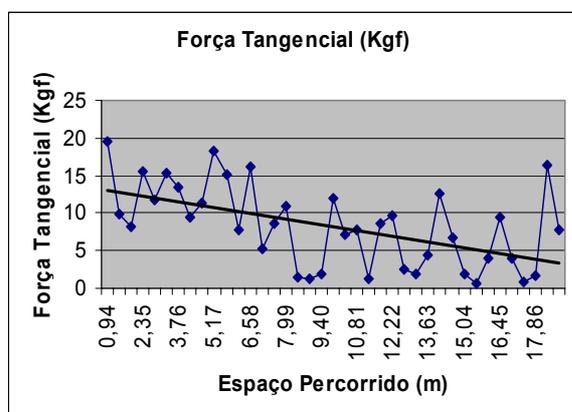


Figura 6. Força Tangencial / Tinta Epóxi pura

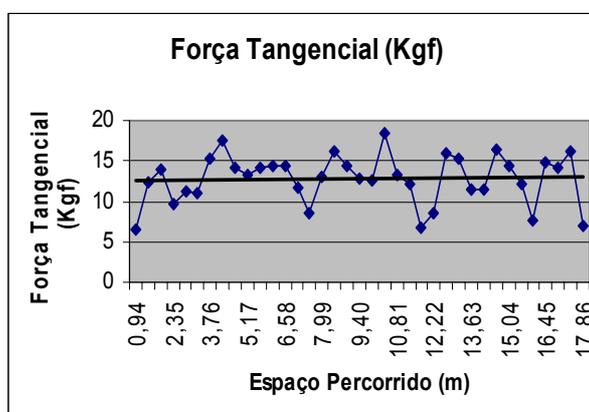


Figura 7. Força Tangencial / Tinta Comercial

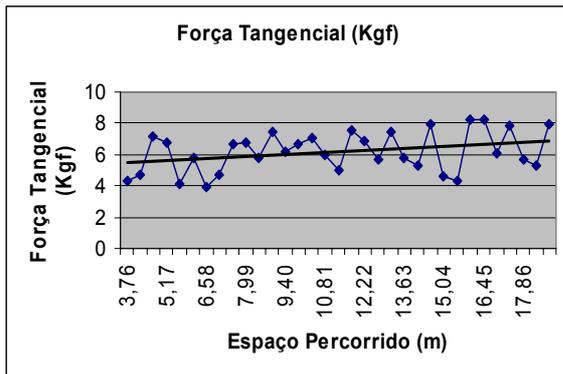


Figura 8. Força Tangencial / Tinta Epóxi + 25% Porcelanato

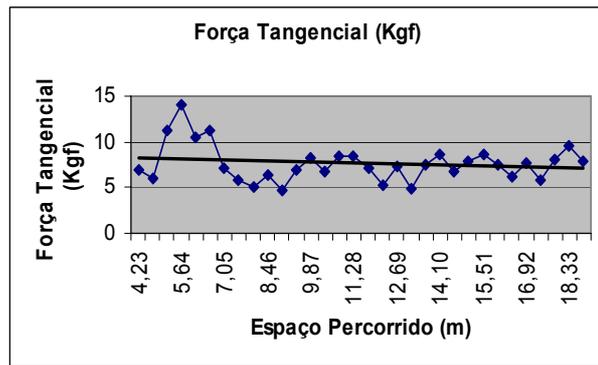


Figura 9. Força Tangencial / Tinta Epóxi + 50% Porcelanato

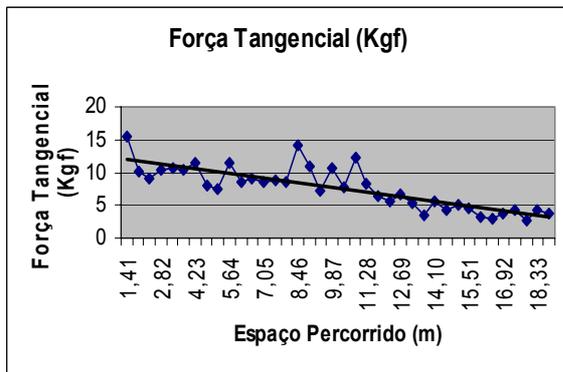


Figura 10. Força Tangencial / Tinta Epóxi + 75% Porcelanato

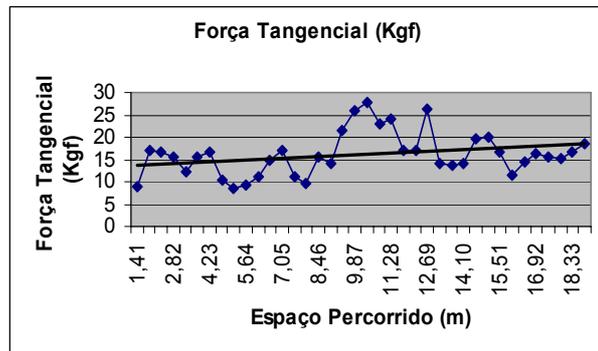


Figura 11. Força Tangencial / Tinta Epóxi + 25% Alumina

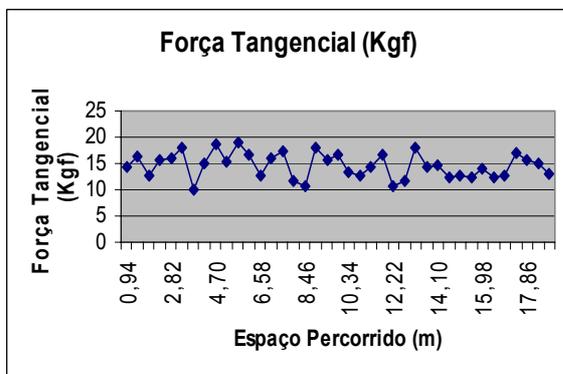


Figura 12. Força Tangencial / Tinta Epóxi + 50% Alumina

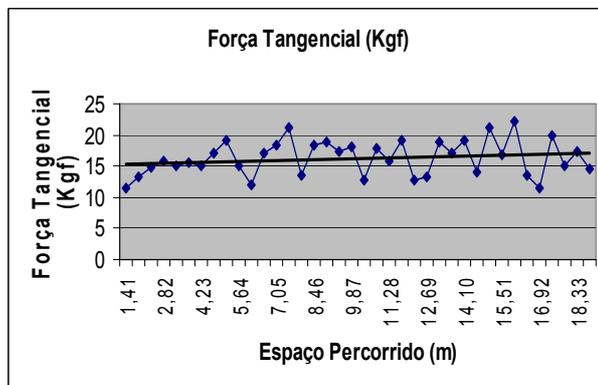


Figura 13. Força Tangencial / Tinta Epóxi + 75% Alumina

A Tabela 3 mostra a força tangencial média para cada revestimento, comparando com o valor obtido para a tinta epóxi pura, além de fornecer os valores da massa perdida por metro percorrido no ensaio.

Tabela 3. Força tangencial média e massa perdida por metro percorrido

Material	Força Tangencial Média (Kgf)	Força Tangencial Relativa (Kgf)	Massa Perdida por Metro (g/m)
Tinta Epóxi Pura	8,26	1,00	0,0160
Tinta Epóxi + 25% Porcelanato	6,17	0,75	0,0479
Tinta Epóxi + 50% Porcelanato	7,64	0,92	0,0532
Tinta Epóxi + 75% Porcelanato	7,65	0,93	0,0532
Tinta Epóxi + 25% Alumina	16,14	1,95	0,0053
Tinta Epóxi + 50% Alumina	14,60	1,77	0,0106
Tinta Epóxi + 75% Alumina	16,30	1,97	0,0053
Revestimento Pintável Comercial	12,23	1,48	0,0266

4 DISCUSSÃO

No caso da tinta epóxi misturada com porcelanato, houve segregação do pó, ficando uma parte da matriz plástica separada. Isso pode ser a provável causa da elevada perda de massa obtida nos ensaios. Uma solução seria a obtenção de um pó mais fino e sua mistura a uma resina epóxi (e não mais uma tinta) com tempo de cura bastante inferior ao da tinta. Assim não haveria tempo do pó se depositar no fundo da matriz utilizada, e a matriz polimérica formaria uma mistura mais homogênea com o pó cerâmico, fornecendo ao compósito uma maior ductilidade.⁽¹⁰⁾

Já para a tinta epóxi misturada com alumina, talvez o fato do pó de alumina ser mais fino e menos pesado que o pó do porcelanato tenha evitado a segregação, os resultados foram satisfatórios. Seria possível até seu uso em substituição à tinta comercial, uma vez que os custos são bem menores.⁽¹¹⁾

A tinta epóxi contendo 75% de alumina foi a que apresentou maior valor de força tangencial, se comparada às demais misturas testadas, enquanto a tinta epóxi contendo 25% de porcelanato apresentou o menor valor para esta grandeza.

As misturas de tinta epóxi com 50% e 75% de porcelanato foram as que, dentre as demais misturas, mostraram a maior perda de massa por metro percorrido no ensaio, enquanto as misturas de tinta epóxi com 25% e 75% de alumina apresentaram a menor perda de massa por metro percorrido.

5 CONCLUSÃO

Os resultados obtidos para o compósito de tinta epóxi com alumina foram bastante satisfatórios se comparados ao revestimento comercial de referência, sendo a mistura de tinta epóxi com 75% de alumina a que apresentou menor perda de massa. Essa mistura, juntamente com aquela composta de tinta epóxi com 25% de alumina, também apresentaram menor perda de massa por metro percorrido no ensaio, sendo, portanto, as mais resistentes ao desgaste.

Pelo fato das maiores perdas de massa e perdas de massa por metro percorrido serem encontradas para os compósitos de tinta epóxi com 50% e 75% de porcelanato, essas misturas podem ser consideradas as menos resistentes ao desgaste.

REFERÊNCIAS

- 1 Falla, F.S.; Larini, C. ; Le Roux , G.A.G.; Quina, F.H.; Moro, L.F.L.; Nascimento, C.A.O. Caracterização do petróleo cru por NIR. Rio de Janeiro, RJ, p.1, nov.2005.
- 2 Bacia de Campos - A maior reserva de petróleo do Brasil. Disponível em: http://www2.petrobras.com.br/portal/frame.asp?pagina=/Petrobrás/português/plataforma/pla_bacia_campos.htm. Acesso em 02 fev. 2006.
- 3 GENTIL, V. Corrosão. 3ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
- 4 ANDRADE, L.M.; LACHTERMACHER, M.; SOUZA FILHO, B.G. Pintura Interna In-Situ de Epóxi em Oleoduto - Avaliação e Resultados. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/24srepi.htm> Acesso em: 10 jan. 2006.
- 5 BLUSTEIN, G.; DEYA, M.C.; ROMAGNOLI, R.; DEL AMO, B. Zinc Hypophosphite as Suitable Additive for Anticorrosive Paints. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/24srepi.htm> Acesso em: 10 jan. 2006.
- 6 CAMBRUZZI, A.; ROSSI, S.; DEFLORIAN, F. Reduction on Protective Properties of Organic Coatings Produced by Abrasive Particles. *Wear*, v.258, p.1696-1705, 2005.
- 7 ROSSI, S.; DEFLORIAN, F.; FONTANARI, L.; CAMBRUZZI, A.; BONORA, P.L. Electrochemical Measurements to Evaluate the Damage Due to Abrasion on Organic Protective System. *Progress in Organic Coatings*, v.52, p.288-297, 2005.
- 8 AIGUEIRA, R.B. Processamento e Testes de Compósitos Abrasivos para o Polimento de Rochas Ornamentais. Monografia de Projeto de Fim de Curso de Graduação, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Abril de 2004.
- 9 QUINTELA, J.P.; FRAGATA, F.L.; AMORIM, C.C.; VIEIRA, M.M.; VIEIRA, G.V. Fatores que Podem Implicar em Falhas Prematuras de Pintura Interna *In Situ* de Dutos. Disponível em: <http://www.abraco.org.br/24srepi.htm> Acesso em: 10 jan. 2006.
- 10 TILLY, G.P.; SAGE, W. The Interaction of Particle and Material Behavior in Erosion Process. *Wear*, v.16, p.447-465, 1970.
- 11 SCHOFF, C.K. Organic Coatings: The Paradoxical Materials. *Progress in Organic Coatings*, v.52, p.21-27, 2005.