



21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA DE REVESTIMENTOS INTERNOS A BASE DE EPÓXI UTILIZADOS EM TUBULAÇÕES DE AÇO CARBONO

Helmut Piper, hpiper@uol.com.br¹

Josiane Dantas Viana Barbosa, josiane.viana@fieb.org.br¹

Joyce Batista Azevedo, joyce.azevedo@fieb.org.br¹

Pollyana da Silva Melo, pollynam@fieb.org.br¹

Everton Silvados Santos, everton.santos@findes.org.br²

¹Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Av. Orlando Gomes, 1875, Piatã, Salvador-BA.

²SENAI Civit, Av. Paulo Miguel Bohomoletz, 520, Civit, Serra- ES.

Resumo: Para diminuir os efeitos da corrosão em dutos, optou-se até recentemente pela utilização de tubulações de ligas de aços especiais ou ligas de aços inoxidáveis. No entanto, devido ao custo elevado destes materiais, novas alternativas para especificação de tubulações estão sendo adotadas, como por exemplo, o uso de tubulações aço carbono com revestimentos internos. Entre os revestimentos que podem ser utilizados, o revestimento a base de Epóxi tem baixo custo, facilidade de aplicação e alta resistência a corrosão. Considerando que a temperatura é um dos fatores que influenciam na taxa de corrosão, este trabalho caracterizou termicamente revestimentos a base de Epóxi na forma líquida e em pó. Para tanto, foram realizados ensaios de calorimetria exploratória diferencial (DSC) e termogravimetria (TG) evidenciando que a resina aplicada na forma líquida tem menor estabilidade térmica que a resina aplicada em pó.

Palavras-chave: Revestimentos, epóxi, caracterização térmica

1. INTRODUÇÃO

Estudos realizados por refinarias de petróleo têm mostrado que os dutos de transporte em atividade no país apresentam sérios problemas de corrosão interna e formação de depósitos, tanto orgânicos como inorgânicos. A extensão e gravidade destes problemas estão relacionadas ao tipo de produto transportado, condições de operação e localização, implicando em manutenção periódica dos mesmos e causando sérios prejuízos, tanto do ponto de vista do processo em si, como pela necessidade de interrupção de atividade (Ferreira *et al.* 2002).

Os principais fatores básicos encontrados nestes sistemas são a corrosão por cloretos e oxigênio, a corrosão pelo H₂S, a biocorrosão e a corrosão pelo CO₂. Também há fatores devidos a processos sinérgicos como a interação corrosão-fadiga, a corrosão por erosão, a corrosão sob fadiga, a corrosão sob tensão e a fragilização pelo hidrogênio (Piper, 2015).

Para diminuir os efeitos da corrosão em dutos, optou-se até recentemente pela utilização de tubulações de ligas de aços especiais ou ligas de aços inoxidáveis. Um dos desafios é buscar alternativas para substituir a utilização destes componentes e reduzir custos. Novas alternativas para especificação de tubulações estão sendo adotadas, principalmente utilizando tubulações de aço carbono com revestimentos internos (Henriques, 2008).

Diversos tipos de revestimentos estão sendo propostos com o uso de fibra de vidro, resinas de alta densidade, utilização de revestimentos poliméricos como o Epóxi ou PTFE (Politetrafluoretileno), conhecido comercialmente como Teflon, e o encamisamento de dutos com polímeros (Henriques, 2008).

Em se tratando de aplicações industriais, para revestimentos de dutos e tanques é bastante comum o uso de resina termofixos de base epóxi. Como se trata de aplicações de engenharia de risco elevado faz-se necessário a obtenção de propriedades específicas. Por isso, existem diversos tipos e formulações de resinas epóxias comerciais. Para o uso em revestimento interno de dutos é bastante comum utilizar a resina a base de Bisfenol F ou também conhecida comercialmente como Novolac por ter maior densidade de reticulações, maior resistência térmica, química e elevada dureza (Moreira, 2009).

Existem dois métodos de aplicação destes revestimentos mais utilizados pelas empresas que prestam esses serviços, aplicação do epóxi em pó através de deposição eletrostática e cura em estufa e aplicação manual do epóxi líquido mais o catalisador (Piper, 2015).

Um dos fatores que influenciam diretamente na taxa de corrosão é a temperatura, o aumento deste parâmetro acelera as reações químicas e eletroquímicas, e aumenta a taxa de precipitação de carbonato de ferro de forma significativa. Sendo assim, visando avaliar a influência da temperatura, este trabalho caracterizou termicamente revestimentos a base de epóxi na forma líquida e em pó através de DSC e TGA.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Foi utilizada a resina epóxi do tipo Bisfenol F de nome comercial Novolac IPC ME-35, fornecida pela Empresa Nova Coating. Esta resina foi utilizada na forma de pó, e na forma líquida.

2.2. Preparação das amostras

Foram confeccionadas chapas de aço de dimensões 80 x 80 x 3,2 mm, os corpos de prova foram enviados para uma empresa especializada do segmento de revestimento de dutos para a aplicação da resina epóxi com dois métodos diferentes de aplicação. Inicialmente, a preparação da superfície foi executada fazendo-se a descontaminação das chapas e posterior jateamento interno, grau de limpeza Sa 2½ (tipo de jateamento), conforme Norma NACE N° 2/SSPC-SP 10. O perfil de rugosidade foi medido de acordo com a norma ASTM - D 4417 – método B (utilizando equipamento eletrônico).

Para o revestimento com epóxi em pó, a superfície foi inspecionada e a mesma estava isenta de escorias da soldagem e defeitos de fabricação. A peça foi submetida ao teste de empoeiramento onde se detecta o grau de empoeiramento em que a mesma se encontra, teste este estabelecido pela norma ISO 8502-3. O pó encontrado foi removido com sopro de ar seco e limpo. A peça foi pré-aquecida e o *coating* aplicado manualmente. A aplicação foi executada através de um equipamento manual de aplicação de pó eletrostaticamente sobre a peça aquecida (hot flock). Logo após aplicação as peças foram curadas na estufa.

Para o revestimento com epóxi líquido, também realizou inspeção da superfície e a mesma estava isenta de escorias da soldagem e defeitos de fabricação. Após teste de empoeiramento foi necessário remover o pó com sopro de ar seco e limpo. Para esta aplicação não foi necessário pré-aquecer a peça, o *coating* também foi aplicado manualmente e logo após aplicação as peças foram para cura na temperatura ambiente.

A Figura 1 mostra as amostras com aplicação do epóxi em pó e líquido.

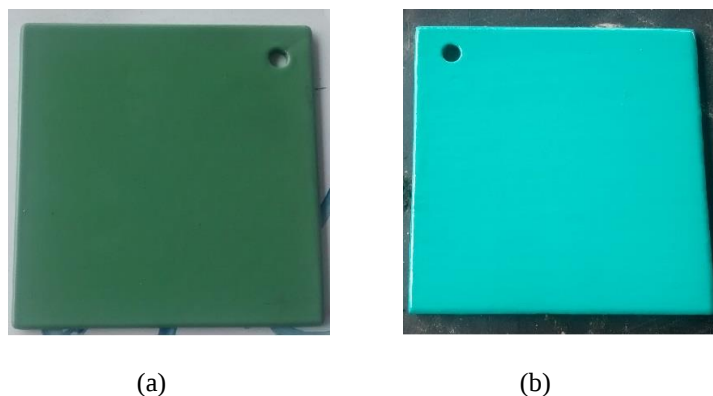


Figura 1. Amostra após revestimento com epóxi: (a) Em pó e cura em estufa; (b) Líquido e cura no ambiente.

Para os ensaios térmicos, foi realizada uma raspagem da superfície de cada amostra conforme a Fig.2.

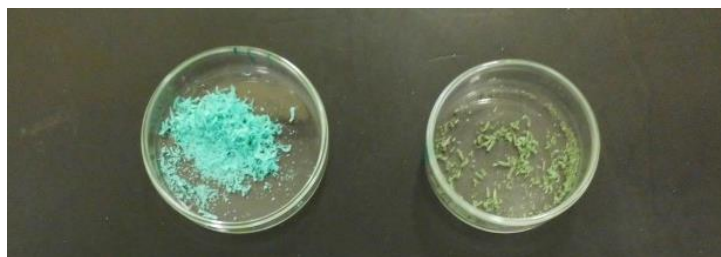


Figura 2. Material coletado para os ensaios térmicos

2.3. Caracterização térmica

Os testes de Calorimetria Exploratória Diferencial (DSC) foram realizados em equipamento da NETZSCH modelo: DSC 200F3, com rampa de aquecimento de 20°C por minuto até alcançarem 590°C e resfriados com taxa de 10°C por minuto até 30°C. Foram realizadas duas corridas em cada amostra. Estes análises foram realizadas no laboratório de caracterização do SENAI CIMATEC.

Os testes de análise termogravimétrica (TGA) foram realizados no laboratório da Universidade Federal da Bahia, com razão de aquecimento de 10°C/min até a temperatura de 1000°C.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 mostra as curvas calorimétricas das amostras, verificou-se degradação do material na faixa de 350°C aos 400°C, para ambas as amostras, não sendo este um fator determinante para escolha do tipo de aplicação utilizado. Observou-se também, em ambas as amostras, mudanças de inclinação das linhas base. No epóxi em pó (Fig. 3a) essa mudança ocorre entre 100°C e 140°C; já no epóxi líquido (Fig.3b) ela ocorre 60°C e 80°C. A mudança de inclinação de linha base pode estar relacionada com a temperatura de transição vítrea (T_g) dos epóxis.

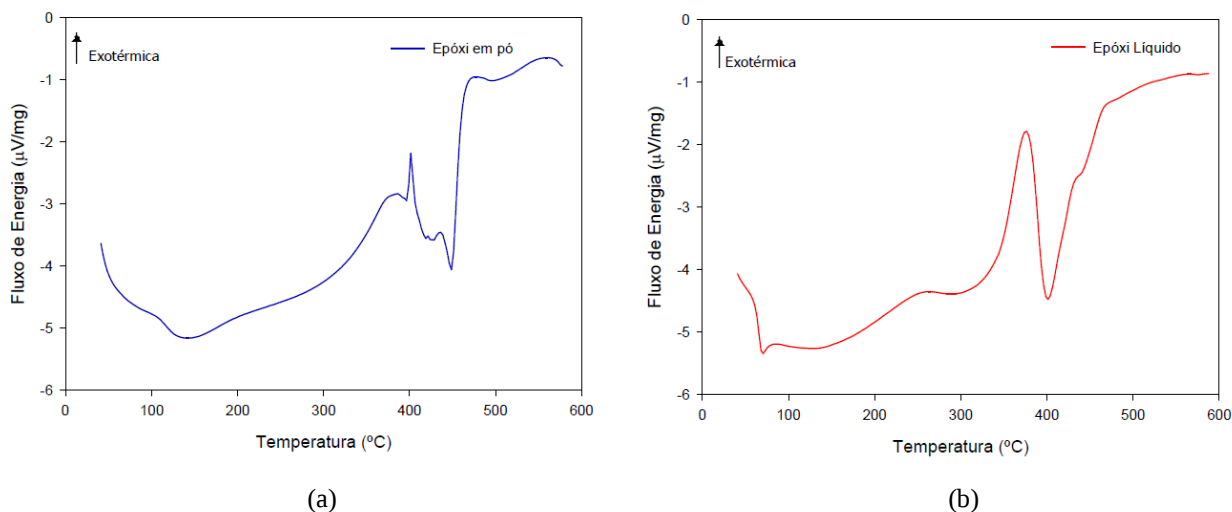


Figura 3. Curvas DSC: (a) Epóxi em pó; (b) Epóxi líquido

A Figura 4 mostra as curvas termogravimétricas das amostras analisadas. Observa-se com facilidade que o epóxi em pó tem características térmicas superiores ao epóxi líquido.

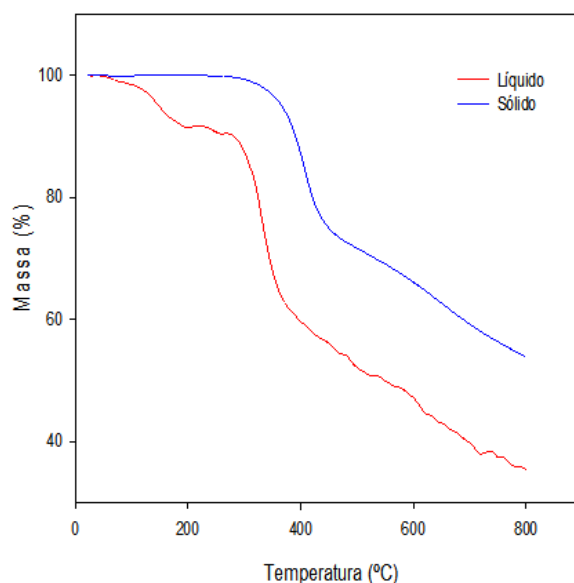


Figura 4. Curvas Termogravimétricas do epóxi em pó e do epóxi líquido

Para o epóxi em pó observa-se que a temperatura de perda de massa, iniciou na faixa de 350°C, tendo seu pico máximo na temperatura de 400°C. Para o epóxi líquido observa-se que a perda de massa ocorre em duas etapas distintas. A primeira, iniciando sua perda de massa na temperatura de 150°C, pode ser atribuída à perda de gases ou desidratação da amostra. A segunda etapa de degradação inicia-se em 300°C com seu pico máximo na temperatura de 350°C. Estas análises comprovaram os resultados já obtidos no teste de DSC, demonstrando a alta estabilidade térmica do material com degradação acima da faixa de 300°C para ambas amostras.

4. CONCLUSÕES

O tipo de epóxi, em pó ou líquido, não influencia na temperatura de degradação do revestimento. As amostras apresentam alta estabilidade térmica apresentando temperatura de degradação acima de 300°C. No entanto, a amostra de epóxi em pó, inicia sua perda de massa em temperatura muito inferior ao epóxi em pó, o que conferi melhor estabilidade térmica ao material nesta forma.

5. AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal da Bahia (UFBA) e a empresa Nova Coating.

6. REFERÊNCIAS

- Ferreira, M., Camargo, S. S., Barbosa, B. M., Gomes, R. V. B., Lachtermacher, M. G., Quintela J., 2002, “Propriedades Mecânicas de Epóxis Utilizadas no Recobrimento Interno de Oleodutos e Gasodutos”. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, Vol. 12, nº 3, p. 180-187.
- Henriques C. C. D., 2008, Desafios na seleção de materiais na indústria do petróleo. In IX Seminário Brasileiro do Aço Inoxidável.
- Moreira, W., 2009, Compósitos I. In Abmaco Associação Brasileira de Materiais Compósitos. p. 43-77.
- Piper, H., 2015, “Avaliação comparativa para revestimentos internos a base de epóxi em tubulações de aço carbono aplicados na indústria de óleo e gás”, Dissertação de mestrado. Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, Brasil.

7. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho.

CHARACTERIZATION THERMAL LINERS THE EPOXY BASE USED IN CARBON STEEL PIPES

Helmut Piper, hpiper@uol.com.br¹

Josiane Dantas Viana Barbosa, josiane.viana@fieb.org.br¹

Joyce Batista Azevedo, joyce.azevedo@fieb.org.br¹

Pollyana da Silva Melo, pollynam@fieb.org.br¹

Everton Silvados Santos, everton.santos@findes.org.br²

¹Faculty of Technology SENAI CIMATEC, Avenue Orlando Gomes, 1875, Piatã, Salvador-BA.

²SENAI Civit, Avenue Paulo Miguel Bohomoletz, 520, Civit, Serra- ES.

Abstract. *To reduce the effects of corrosion in pipelines, it was decided until recently the use of pipes of specialty steel alloys or alloys stainless steels. However, due to the high cost of these materials, new alternatives for pipes specification are taken, such as the use of carbon steel pipes with liners. Among the coatings which can be used, the coating is epoxy-based low cost, ease of implementation and high corrosion resistance. Considering it the temperature is one of the factors that influence the corrosion rate, this study heat characterized coatings epoxy based liquid and powder. For this purpose, differential scanning calorimetry experiments were performed (DSC) and thermogravimetry (TG), indicating that the resin applied in liquid form has a lower thermal stability than the applied resin powder.*

Keywords: *Coatings, epoxies, thermal characterization*