

AVALIAÇÃO DE DIFERENTES SISTEMAS DE PINTURA PARA EMPREGO EM UMA PONTE METÁLICA¹

Fabiana Malta Brinck²
Luiz Cláudio Cândido³
Francisco de Assis das Neves⁴

Resumo

Sabe-se que os materiais metálicos são os mais susceptíveis ao fenômeno de corrosão. E sendo a corrosão um processo absolutamente espontâneo que transforma, constantemente os materiais metálicos, de modo que a durabilidade e desempenho dos mesmos deixam de satisfazer os fins a que se destinam, a degradação de pontes metálicas pode ser considerada um problema mundial. A Ponte Marechal Hermes, situada sobre o Rio São Francisco, entre as cidades de Pirapora e Buritizeiro/MG, encontra-se num estado avançado de degradação devido à corrosão, o que leva à necessidade de um trabalho de recuperação. Para propor o melhor sistema de revestimento para a proteção contra a corrosão desenvolvida na estrutura da PMH, foram realizados ensaios, com névoa salina e de aderência, em diferentes sistemas de pintura. Verificou-se que o emprego do sistema de pintura constituído de etil silicato de zinco, com *primer* epóxi-amida rico em zinco e esmalte poliuretano alifático foi o que apresentou melhor desempenho.

Palavras-chave: Ponte; Proteção; Pintura.

¹ Contribuição técnica para o 60º Congresso Anual da ABM, 25 a 28 de julho de 2005, Belo Horizonte

² Eng^o Civil, M.Sc.; fmbrinck@terra.com.br

³ Eng^o Metal.; M.Sc.; D.Sc; Membro da ABM; Prof. Adjunto; Grupo de Estudos sobre Fratura de Materiais; Dep. Eng. Metalúrgica e de Materiais – Escola de Minas/UFOP; candido@em.ufop.br

⁴ Eng^o Civil.; M.Sc; D.Sc; Prof. Adjunto; Dep. Eng. Civil - Escola de Minas/UFOP; fassis@em.ufop.br

INTRODUÇÃO

A maioria dos métodos de controle da corrosão consiste em intercalar uma camada protetora entre o metal e o meio corrosivo. Dentre as técnicas de proteção anticorrosiva existentes, a aplicação de tintas ou de sistemas de pintura é uma das mais empregadas, pois apresenta uma série de propriedades importantes, tais como facilidade de aplicação e de manutenção, relação custo-benefício atraente, além de outras coisas.

Visando identificar o melhor procedimento de revestimento para proteção da ponte, foram realizados ensaios com névoa salina em diferentes sistemas de pintura.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

A escolha das tintas e dos sistemas de pintura foi feita através de orientação dada por profissionais especializados no assunto, visando um desempenho necessário e um benefício proporcional ao seu custo. Sendo assim, optou-se por ensaiar dois sistemas epóxi puro e um sistema silicato de zinco, ambos com o uso de um acabamento de poliuretano.

Para que fosse possível observar melhor o comportamento de cada tinta, os sistemas de pintura foram divididos em sub-sistemas, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1. Sistemas e subsistemas de pintura empregados.

| SISTEMA DE PINTURA | SUB-SISTEMA DE PINTURA | TINTAS |
|--------------------|------------------------|--------------|
| 1 | A | Pr |
| | B | Pr + Me |
| | C | Pr + Me + Po |
| 2 | D | Me |
| | E | Me + Po |
| 3 | F | Es |
| | G | Es + Pr |
| | H | Es + Pr + Po |

sendo:

Pr – *Primer* epóxi-amida rico em zinco;

Me – *Mastic* epóxi-amida econômico;

Es – Etil-silicato de zinco;

Po – Esmalte poliuretano alifático.

Foram utilizados corpos-de-prova (CPs) de aço ao carbono, cortados na medida recomendada para o ensaio de Resistência à névoa salina (1mm x 90mm x 140mm). Os CPs foram limpos através de jateamento abrasivo, nos padrões Sa2 ½ e Sa3, e pintados com pistola convencional (a ar comprimido).

Os CPs foram divididos da seguinte forma: 1 conjunto de 8 CPs, sendo 1 de cada sub-sistema, para o ensaio de grau de aderência e 5 conjuntos de 24 CPs, sendo 3 de cada sub-sistema, para os ensaios de névoa salina, determinando assim o grau de migração subcutânea, o grau de empolamento e o grau de enferrujamento.

Para o ensaio de aderência foram feitos cortes em grade na pintura dos CPs e uma fita adesiva foi aplicada levemente sobre a área cortada e depois retirada. O grau de aderência foi determinado comparando-se a área ensaiada à tabela de avaliação contida na norma (ABNT P – MB-985/out 84). O grau de aderência varia de 0 (nenhuma parte destacada) a 4 (65% ou mais da área quadriculada destacada) e é representado pelo grau do corte em grade (Gr) seguido da letra do dispositivo de corte usado: A (um gume), B (conjunto de seis gumes com distância de 1mm) ou C (conjunto de seis gumes com distância de 2mm).

Para o ensaio de resistência à névoa salina, cada um dos 5 conjuntos de CPs foi colocado em uma bandeja sendo que os CPs foram distribuídos aleatoriamente nas mesmas. A fixação dos CPs nas bandejas foi feita com ajuda de peças plásticas evitando assim o contato entre os CPs e a bandeja, o que poderia causar corrosão galvânica. Para se ter a localização exata de cada CP, foram utilizados mapas de localização de CPs para cada bandeja. Foram feitos cortes horizontais na parte inferior de uma das faces dos CPs com o auxílio de um Buril e as bandejas foram então colocadas na câmara de névoa salina, e submetidas à névoa de solução aquosa de cloreto de sódio (NaCl) a 5% (em peso) conforme a norma ABNT MB - 775. A Figura 1 mostra a câmara de névoa salina com as bandejas contendo os CPs durante os ensaios.



Figura 1. Câmara de névoa salina com as bandejas durante os ensaios.

A migração subcutânea foi examinada, de acordo com a norma ABNT P-MB – 787, afastando-se cuidadosamente a película de tinta, a partir da risca, previamente feita com um estilete, até a região ainda firmemente aderida, por meio de uma lâmina inclinada. Mediu-se então, a largura total média “d” da zona de migração subcutânea em milímetros, ou a área exposta “a” e o comprimento da zona considerada “l” no caso de migração subcutânea irregular, e determinou-se a migração subcutânea.

Para a determinação do grau de enferrujamento a superfície pintada de cada CP foi comparada às figuras anexas à norma ABNT MB 772, certificando-se qual a figura apresentava aspecto mais semelhante, onde é indicado o grau de enferrujamento. O grau de enferrujamento varia de F₀ (isento de ferrugem) a F₅ (40% ou mais da área recoberta de ferrugem).

O grau de empolamento vem designar a densidade (d) de distribuição e do tamanho (t) das bolhas constatadas em superfícies pintadas empoladas. Para isso comparou-se a superfície pintada dos CPs com as figuras anexas à norma ABNT P-MB – 786/out 84, e verificou-se qual a figura que apresentava aspecto mais semelhante, onde é indicado o grau de empolamento. O grau de empolamento varia de 0 (isento de bolhas) a 5 (densidade/tamanho de bolhas correspondente às figuras de grau de empolamento anexas na norma).

RESULTADOS ALCANÇADOS

A primeira observação a ser feita, é a de que a espessura média de tinta seca, de um modo geral, ficou muito acima do que é recomendado pelo fabricante. Isso pode ter ocorrido devido à má aplicação das tintas, seja por falta de uma mão-de-obra especializada ou pela presença de algum defeito no equipamento utilizado. Apesar de o ocorrido parecer não afetar os resultados de ensaios feitos em laboratório, é de grande importância que na prática essa espessura seja rigorosamente exigida para que não haja gasto excessivo de tinta, onerando assim, a proteção da estrutura. As Figuras 2 – 4 mostram alguns CPs após o procedimento para a verificação do grau de aderência. A Tabela II apresenta os resultados do ensaio de aderência.

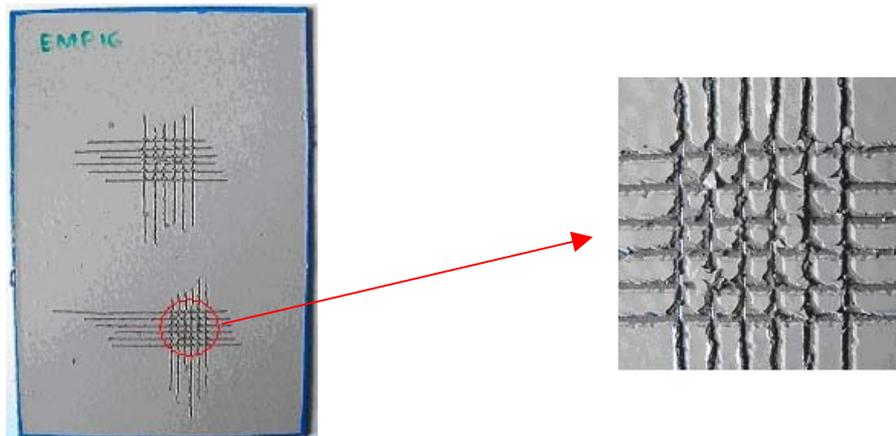


Figura 2. CP após ensaio de aderência (amostra C) – Gr 2A.

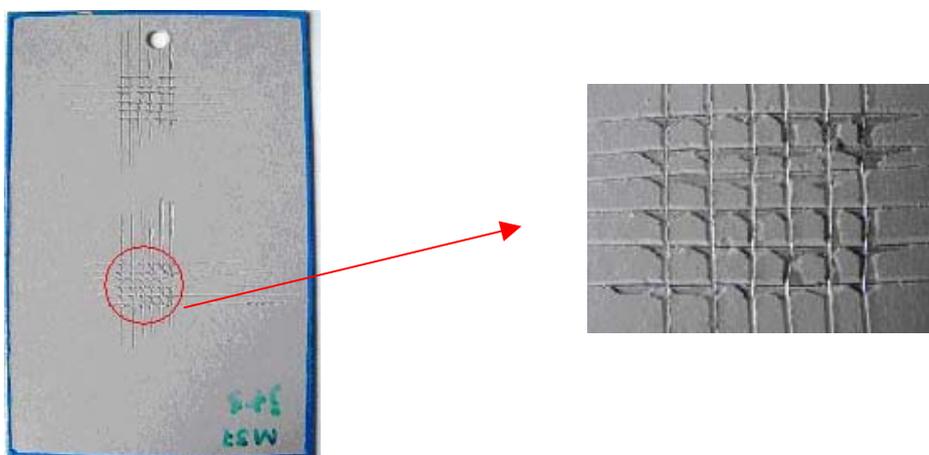


Figura 3. CP após ensaio de aderência (amostra D) – Gr 2A.

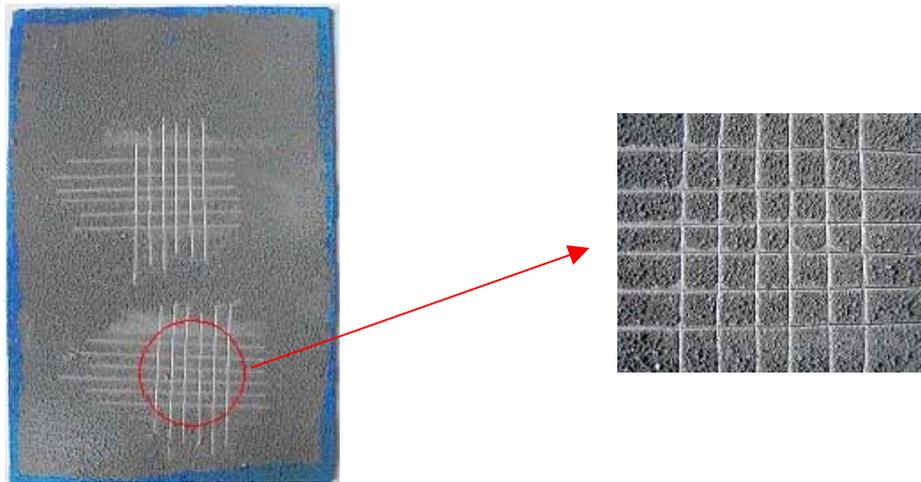


Figura 4. CP após ensaio de aderência (amostra G) – Gr 1A.

Tabela 2. Resultados do ensaio de aderência.

| RESULTADOS OBTIDOS | | | |
|---------------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| AMOSTRA | REVESTIMENTO | Espessura (Micrômetros) | AVALIAÇÃO DE PINTURAS |
| | Material | | GA |
| A | Pr | 113 | Gr 0A |
| B | Pr + Me | 306,02 | Entre Gr 2A e Gr 3A |
| C | Pr + Me + Po | 327,9 | Gr 2A |
| D | Me | 174,05 | Gr 2A |
| E | Me + Po | 285,45 | Entre Gr 2A e Gr 3A |
| F | Es | 143,05 | Entre Gr 1A e Gr 2A |
| G | Es + Pr | 339,45 | Gr 1A |
| H | Es + Pr + Po | > 500 | Entre Gr 2A e Gr 3A |

Pelos resultados apresentados acima, se pode observar que os três sistemas (correspondentes às amostras C, E e H – Tabela 1) apresentaram comportamento similar em termos de aderência de tinta, com desempenho regular. No entanto, nota-se que se aplicando apenas o *primer* no material o grau de aderência apresentou ótimo desempenho, pois o valor foi o mínimo. Obviamente para um bom desempenho do sistema de pintura para uma boa proteção anticorrosiva são necessários outros fatores complementares.

Os resultados dos ensaios de Resistência à névoa salina são expressos através de: migração subcutânea (MS), grau de empolamento (G_{emp}) e grau de enferrujamento (G_{enf}).

Tendo-se conhecimento da zona de migração subcutânea, a MS para cada CP foi calculada usando-se uma das seguintes expressões [ABNT P-MB – 787/1974]:

$$MS = \frac{d - d_0}{2} \quad [1]$$

e

$$MS = \frac{a - ld_0}{2l} \quad [2]$$

onde,

- MS → migração subcutânea, em mm;
 d → largura total média da zona de migração subcutânea, em mm;
 d_0 → largura da ponta do buril, em mm.
 l → comprimento da zona exposta medida, em mm;
 a → área exposta total medida no comprimento l, em mm²;

As Figuras 5 – 8 mostram alguns CPs após ensaios de resistência à névoa salina, onde foram analisados o grau de empolamento e a migração subcutânea. A Tabela III apresenta os resultados encontrados nestes ensaios.

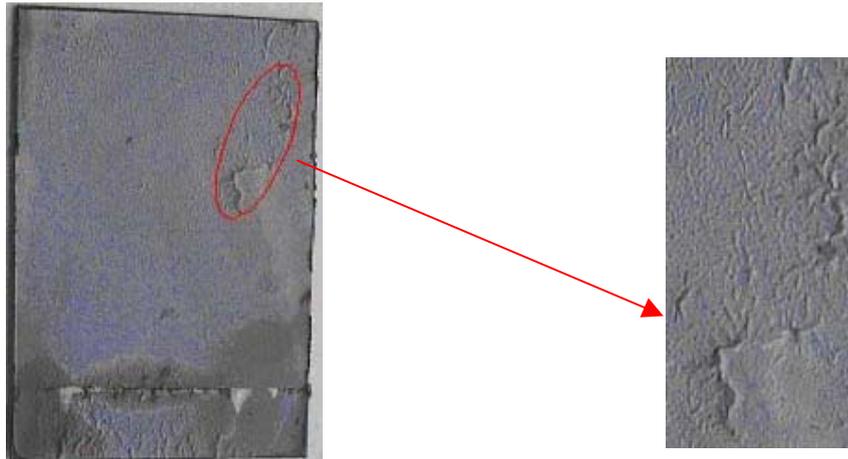


Figura 5. Corpo-de-prova empregado em ensaio de névoa salina. Migração subcutânea ($MS = 0$), e empolamento ($G_{Emp} = d_3/t_5$) na amostra A após 2 semanas na câmara de névoa salina.

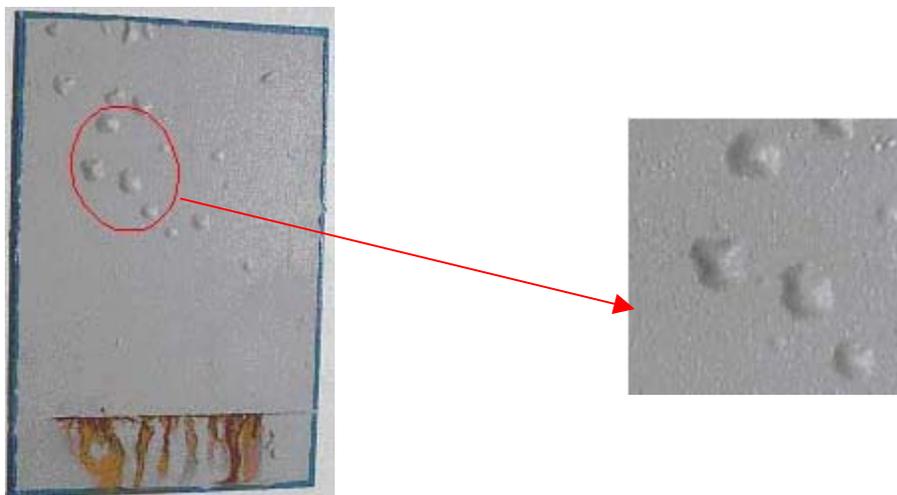


Figura 6. Idem à Figura 5, para o CP B₄ após 4 semanas na câmara de névoa salina ($MS = 0$ e $G_{Emp} = d_2/t_5$).

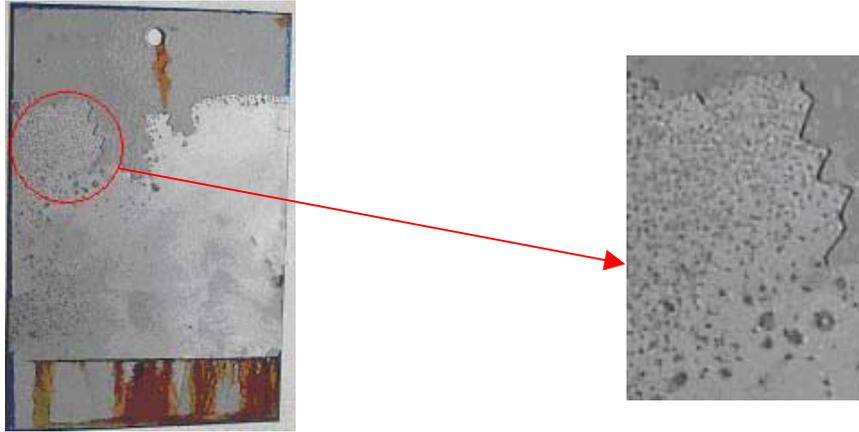


Figura 7. Ensaio de migração subcutânea ($MS \cong 28$ mm) no CP \underline{D}_4 após 4 semanas na câmara de névoa salina; notam-se pontos de oxidação na superfície metálica.

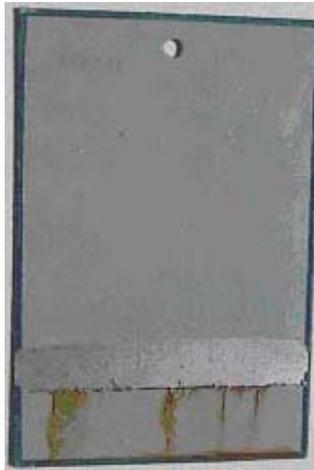


Figura 8. Idem à Figura 7, $MS = 7,20$ mm, no CP \underline{E}_4 após 4 semanas na câmara de névoa salina.

Tabela 3. Ensaio de Resistência à Névoa Salina.

| RESULTADOS OBTIDOS | | Duração do ensaio: até 5 semanas | | | | | | | | |
|--------------------|--------------|----------------------------------|-------------------|---|---|---|---|-----------------------|------------------|---------|
| Amostra | REVESTIMENTO | | SEMANAS DE ENSAIO | | | | | AVALIAÇÃO DE PINTURAS | | |
| | Material | Espessura μm | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | G_{Emp} | G_{Enf} | MS (mm) |
| D ₁ | Me | 174,05 | x | | | | | d_2/t_2 | F_0 | 29,86 |
| D ₂ | Me | 174,05 | | x | | | | d_3/t_4 | F_0 | 36,88 |
| D ₃ | Me | 174,05 | | | x | | | d_3/t_3 | F_0 | 35,04 |
| D ₄ | Me | 174,05 | | | | x | | d_3/t_5 | F_0 | 27,63 |
| D ₅ | Me | 174,05 | | | | | x | d_4/t_4 | F_0 | 25,79 |
| H ₁ | Es + Pr + Po | > 500 | x | | | | | d_0/t_0 | F_0 | 0 |
| H ₂ | Es + Pr + Po | > 500 | | x | | | | d_0/t_0 | < F_1 | 0 |
| H ₃ | Es + Pr + Po | > 500 | | | x | | | d_0/t_0 | F_0 | 0 |
| H ₄ | Es + Pr + Po | > 500 | | | | x | | d_3/t_2 | F_0 | 0 |
| H ₅ | Es + Pr + Po | > 500 | | | | | x | d_0/t_0 | F_0 | 0 |

A partir dos resultados encontrados na Tabela III foi possível observar que todos os sistemas apresentaram $G_{\text{enf}} F_0$, ou seja, não apresentaram enferrujamento (pontos de corrosão) sobre a tinta. No caso de empolamento, apenas o sistema 3

(Tabela 1) apresentou $G_{emp} d_0/t_0$, o que significa que este não apresentou bolhas. Já em relação à migração subcutânea, o sistema 2 (Tabela 1) apresentou-se com menor desempenho.

Dentre os sistemas de pintura empregados neste trabalho verifica-se que a aplicação de etil silicato de zinco, com *primer* epóxi-amida rico em zinco e esmalte poliuretano alifático (sistema 3) foi o que apresentou melhor desempenho em termos de integridade da tinta. No entanto, em função dos componentes presentes em sua constituição notou-se maior dificuldade de aplicação da tinta e que este também não apresentou um bom aspecto visual. Na seqüência de desempenho quem ficou em segundo lugar foi o esquema 1 (*primer* epóxi-amida rico em zinco, com *mastic* epóxi-amida econômico e esmalte poliuretano alifático). Finalmente, o sistema 2 (*mastic* epóxi-amida econômico com esmalte poliuretano alifático) foi o que apresentou pior desempenho, principalmente em relação à migração subcutânea. Para os três sistemas de pintura o nº 3 apresentou maior espessura (superior a 500µm). Já o segundo e o primeiro apresentaram, aproximadamente 285 e 327µm, respectivamente. Salienta-se que na prática é fundamental seguir as recomendações dos fabricantes quanto à espessura das tintas, visando um bom desempenho agregado a um custo mínimo no emprego desta técnica de proteção (Furtado, 1982).

Um outro ponto que deve ser observado é a variação na composição das tintas em termos de percentagens sólidos/volume que geralmente estão disponíveis em tintas comerciais.

Um aspecto muito importante no desempenho de tintas como método eficaz de proteção metálica é o que antecede a etapa de aplicação do revestimento, através do preparo de superfície e, também, quanto ao grau de umidade relativa do ambiente. Deve-se com isso aplicar as tintas preferencialmente em períodos secos ou com umidade relativa inferior a 60%.

CONCLUSÕES

- É necessário um preparo de superfície adequado, com especial atenção para as frestas e ligações e, posteriormente, aplicar o revestimento através de pintura;
- A partir de ensaios de névoa salina verificou-se que o sistema de pintura de melhor desempenho foi com aplicação de etil silicato de zinco com *primer* epóxi-amida rico em zinco e esmalte poliuretano alifático.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **P-MB – 786 Determinação do grau de empolamento de superfícies pintadas** – 1984, 7p.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB 772 - Determinação do grau de enferrujamento de superfícies pintadas** – 1974, 7p.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **P-MB – 985 Ensaios de aderência em tintas e revestimentos similares** – 1984, 4p.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **P-MB – 787 Execução de ensaios de resistência à névoa salina de superfícies pintadas ou com revestimentos similares** – 1974, 5p.

5. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **B117 - Standard method of salt spray (fog) testing** – 1973, p 94-101.
6. BRINCK, F. M., CÂNDIDO, L. C., NEVES, F. A. (2004) – **Efeito da Corrosão na Integridade Estrutural da Ponte Metálica Marechal Hermes**, Dissertação de Mestrado/Construções Metálicas/DECIV/UFOP, 177p., Ouro Preto.
7. CÂNDIDO, L. C. (2001). **Corrosão - Notas de aula do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFOP**, 46p., Ouro Preto.
8. CÂNDIDO, L. C. (2002). **Patologia - Notas de aula do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFOP**, 108p., Ouro Preto.
9. FONTANA, M.G., GREEN, N.D. (1967) - **Corrosion Engineering**, 391p., McGrawHill Book Co., New York.
10. FURTADO DA SILVA, P. (1981) – **Introdução à Corrosão e Proteção das Superfícies Metálicas**, 357p., Imprensa Universitária da UFMG, Belo Horizonte.
11. GENTIL, V. (2003). **Corrosão**, 341p., Rio de Janeiro.
12. Norma sueca **SIS 05 5900 Padrões visuais de preparação de superfícies de aço** – 1967.
13. NUNES, L. P. e LOBO, A. C. O. (1998). **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva**, p. 1-33, Rio de Janeiro.
14. PANNONI, F. D. (2004). **Coletânea do Uso do Aço 2 – Princípios da Proteção de Estruturas Metálicas em Situação de Corrosão e Incêndio**, vol. 2, 2ª edição, p. 13–66, Açominas.

ASSESSMENT OF DIFFERENT SYSTEMS OF PAINTING TO BE USED IN A METALLIC BRIDGE¹

*Fabiana Malta Brinck²
Luiz Cláudio Cândido³
Francisco de Assis das Neves⁴*

Abstract

It's known that the metallic materials are the most sensitive to the corrosion phenomenon. And of the corrosion is a absolutely spontaneous process, which turns, constantly the metallic materials, in order to its durability and performance do not satisfy their purposes, the degradation of metallic bridges can be consider as a worldwide problem. The Marechal Hermes bridge (PMH), situated over São Francisco river, between the cities of Pirapora and Buritizeiro/MG is in an advanced condition of degradation because of the corrosion, what causes the need of a recovery work. In order to suggest the best systems of covering to protect against the corrosion developed on the structure of PMH, tests were made, with salt spray and adherence, in different systems of painting. It was verified that the use of etil silicate of zinc, with primer epoxy-amide, rich in zinc and aliphatic varnish polyurethane was the one which presented the best performance.

Key-words: Bridge; Protection; Painting.

¹ 60^o Annual Congress ABM, July 25th to 28th, 2005, Belo Horizonte/MG

² Civil Engineer, M.Sc.

³ Metallurgical Engineer, M.Sc., D.Sc., REDEMAT/School of Mines/UFOP

⁴ Civil Engineer, M.Sc., D.Sc., DECIV/UFOP