

# ESTUDO DA PATOLOGIA EM TERMOS DE CORROSÃO DA PONTE MARECHAL HERMES NO RIO SÃO FRANCISCO<sup>1</sup>

*Fabiana Malta Brinck<sup>2</sup>  
Luiz Cláudio Cândido<sup>3</sup>  
Francisco de Assis das Neves<sup>4</sup>*

## Resumo

Sabe-se que a degradação, que ocorre em estruturas de pontes metálicas, é um problema mundial. Isso ocorre por diversas razões como envelhecimento da ponte, aumento da carga de tráfego, ataque ambiental e algumas vezes devido a projetos, detalhamento e construção da estrutura, inadequados. A degradação usualmente começa no ponto mais debilitado da estrutura, sendo, portanto, necessário procurar por evidências visuais de sua ocorrência. A ocorrência e extensão dos danos e defeitos encontrados em inspeções sucessivas são usadas para determinar a deterioração estimada de componentes estruturais. Por sua vez, essa análise serve como critério para tomada de decisão no que se refere a medidas de manutenção e reabilitação. Este trabalho procurou investigar e diagnosticar o fenômeno de corrosão desenvolvido na Ponte Marechal Hermes (PMH), sobre o Rio São Francisco, que se encontra num estado avançado de degradação.

**Palavras-chave:** Ponte; Inspeção; Corrosão.

---

<sup>1</sup> *Contribuição técnica para o 60º Congresso Anual da ABM, 25 a 28 de julho de 2005, Belo Horizonte*

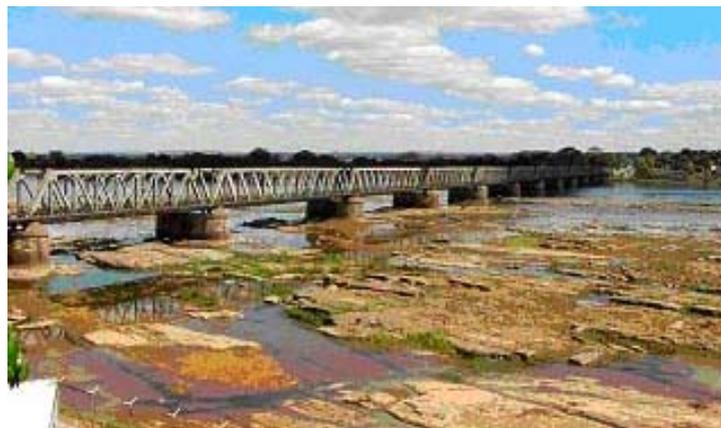
<sup>2</sup> *Eng<sup>a</sup> Civil, M.Sc; [fmbrinck@terra.com.br](mailto:fmbrinck@terra.com.br)*

<sup>3</sup> *Eng<sup>o</sup> 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](mailto:candido@em.ufop.br)*

<sup>4</sup> *Eng<sup>o</sup> Civil.; M.Sc; D.Sc; Prof. Adjunto; Dep. Eng. Civil - Escola de Minas/UFOP; [fassis@em.ufop.br](mailto:fassis@em.ufop.br)*

## INTRODUÇÃO

A Ponte Marechal Hermes trata-se de uma ponte ferroviária metálica, em treliça, com ligações rebitadas e apoiando-se em pilares de pedra. A ponte foi inaugurada em 1922 e tem uma extensão de 694 metros. Atualmente a ponte não se encontra em operação com o fim para a qual foi projetada. As passarelas servem para tráfego de pedestres, motos e veículos de tração animal e foram colocadas tábuas ao lado dos trilhos, se apoiando sobre os dormentes, para o tráfego de automóveis sob baixa velocidade, pela estrutura principal da ponte. A Figura 1 apresenta uma visão em perspectiva da PMH.



**Figura 1.** Visão em perspectiva da Ponte Marechal Hermes.

## PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Foram feitas duas visitas à ponte, com o objetivo de se coletar dados. A primeira foi bastante valiosa para se tomar conhecimento no que diz respeito à estrutura, ao sistema estrutural da ponte, aos sistemas portantes e de transmissão de cargas e às condições globais da estrutura, além de permitir o conhecimento dos dados que deveriam ser coletados numa visita futura. A segunda, com duração de dois dias, constituiu-se de uma investigação mais detalhada do que já havia sido notado anteriormente. Nessa visita fez-se um levantamento da geometria de cada perfil que compõe a PMH com suas respectivas dimensões, além da retirada de material da ponte para análise. Uma grande quantidade de fotos registrou o processo corrosivo instaurado em muitas peças e conexões. Foi utilizada também uma câmera de vídeo para possibilitar tomadas mais abrangentes dos danos localizados em relação à peça como um todo. Nas amostras retiradas foram feitas análises química, mecânica e metalográfica. A Figura 2 indica os locais de onde foram retiradas as amostras para análise.



**Figura 2.** Locais de onde foram retiradas as amostras para análise química e metalográfica da PMH.

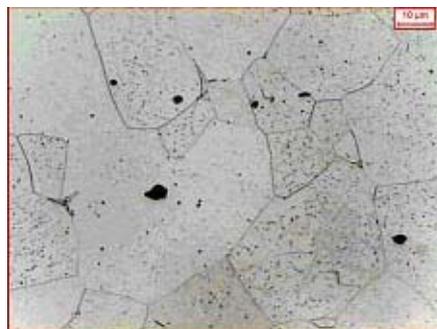
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise química foram utilizadas duas amostras. A Tabela 1 apresenta a composição química das amostras analisadas.

**Tabela 1.** Composição química das amostras (%peso).

Elementos	C	Mn	P	S	Ni	Cr	Si
<b>Amostra 1</b>	0,034	0,346	0,049	0,023	0,047	0,016	---
<b>Amostra 2</b>	0,238	1,200	0,012	0,012	0,008	0,012	0,019

O ensaio metalográfico foi feito nas duas amostras retiradas de elementos da ponte. As Figuras 3 e 4 mostram as fotomicrografias das amostras 1 e 2 respectivamente. Nota-se na amostra 1 (AISI 1005) que a microestrutura é constituída praticamente de ferrita, por se tratar de um aço com baixíssimo teor de carbono; portanto, com características mecânicas de alta plasticidade. Já a amostra 2 (AISI 1123), por apresentar maior teor de carbono, apresenta uma microestrutura com a fase ferrita e o constituinte perlita (lamelas alternadas de ferrita e cementita).



**Figura 3.** Fotomicrografia de aço do tipo AISI 1005; amostra 1; ataque com Nital 2%; aumento de 1000X.



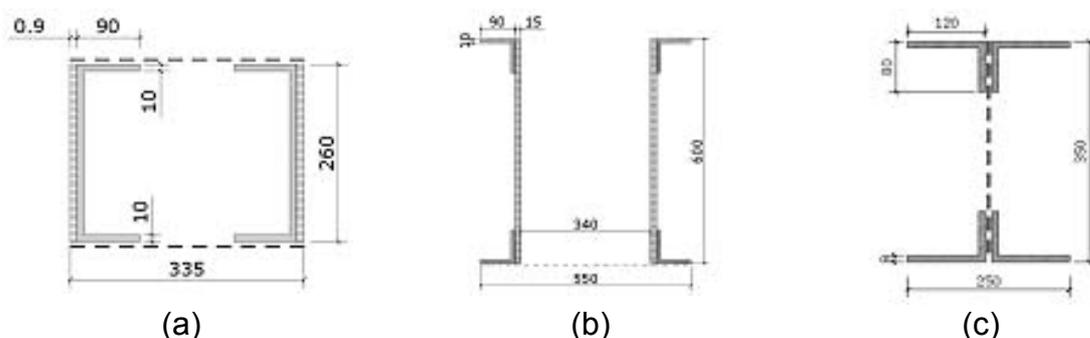
**Figura 4.** Fotomicrografia de aço do tipo AISI 1123; amostra 2; ataque com Nital 2%; aumento de 1000X; ferrita (claro) e perlita (escuro).

Já o ensaio de tração foi realizado a partir da amostra 1. Nota-se que a resistência à tração desta amostra é compatível com as de um aço A36. Os resultados do ensaio de tração encontram-se apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados do ensaio de tração da amostra 1.

CP	Fu (kN)	Fy (kN)	$f_u$ (MPa)	$f_y$ (MPa)	%A	% $\delta$
1	30,45	15,10	613,91	304,38	50,30	22,35
2	34,35	16,48	574,13	275,45	62,19	35,00
3	33,55	12,85	556,27	213,06	60,21	35,00
4	31,35	16,57	550,00	290,70	57,89	35,00

Através da inspeção visual foi possível identificar as seções transversais das barras que compõem PMH. O que foi possível observar é que, apesar de alguns elementos terem as seções transversais com mesma geometria, suas dimensões são diferentes. A Figura 5 (a-c) apresenta a geometria de algumas seções transversais dos elementos que compõem a PMH.



**Figura 5.** Geometria de algumas seções transversais dos elementos que compõem a PMH.

A inspeção visual também possibilitou o levantamento dos locais com maiores problemas de corrosão. Foi possível perceber que, de um modo geral, os pontos de corrosão parecem se repetir nos vários vãos da PMH. Dentre esses pontos os que mais chamam a atenção são os que se encontram na região de ligação das treliças das passarelas com o banzo inferior da treliça principal. Em alguns pontos da PMH, os rebites que compõem as seções transversais dos elementos já foram completamente deteriorados. Em sua parte aérea no entanto, a PMH apresenta apenas uma corrosão superficial. Os apoios também se encontram deteriorados de modo a colocar em dúvida seu desempenho. Além disso é preciso dar atenção ao

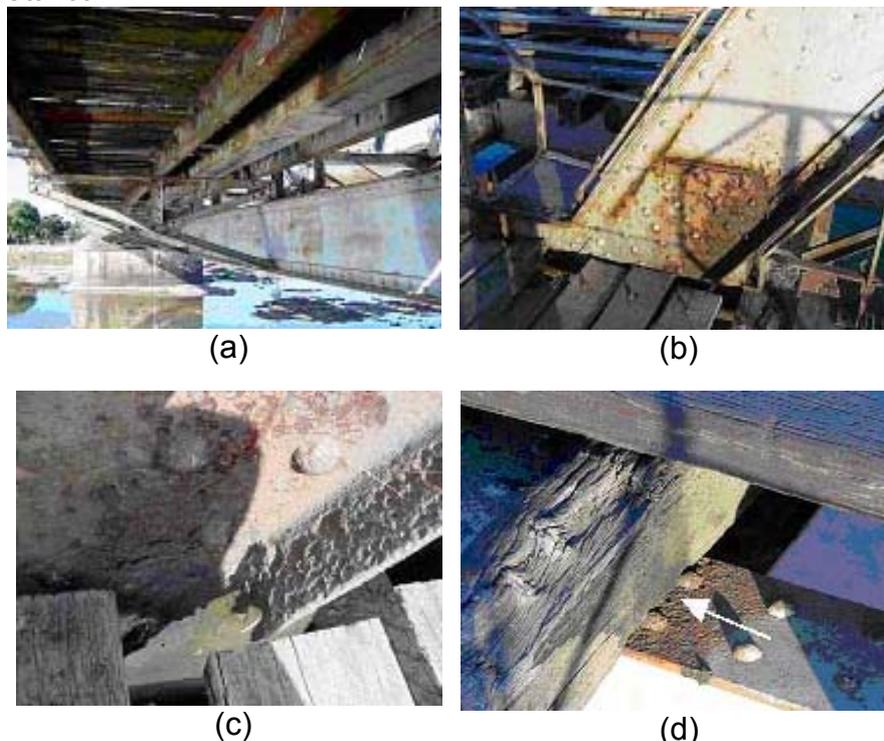
treliçamento que compõe o perfil do banzo inferior da treliça principal, por apresentarem tal grau de deterioração, que algumas barras já se encontram rompidas.

A Figura 6 (a-b) apresenta, principalmente, o tipo de corrosão generalizada (uniforme) na PMH, no entanto pode haver também, corrosão localizada. Estas regiões, geralmente, encontram-se nas partes superiores das estruturas, particularmente, onde praticamente não são estabelecidas frestas com acúmulo de eletrólito entres as mesmas.



**Figura 6.** Corrosão generalizada nas estruturas metálicas da ponte – regiões superiores.

As regiões metálicas inferiores da PMH apresentam muito maior grau de degradação, particularmente em partes com frestas e acúmulo de substâncias que retêm eletrólitos. Destaca-se o efeito nocivo do contato metal/madeira, onde esta por reter umidade intensifica o ataque no material metálico, além de criar frestas. A Figura 7 (a-d) apresenta este sistema de desenvolvimento de condições para o ataque do material e a Figura 8 (a-b) mostra regiões onde ocorre acúmulo de eletrólito e são partes entre peças metálicas que propiciam o desenvolvimento de corrosão metálica.

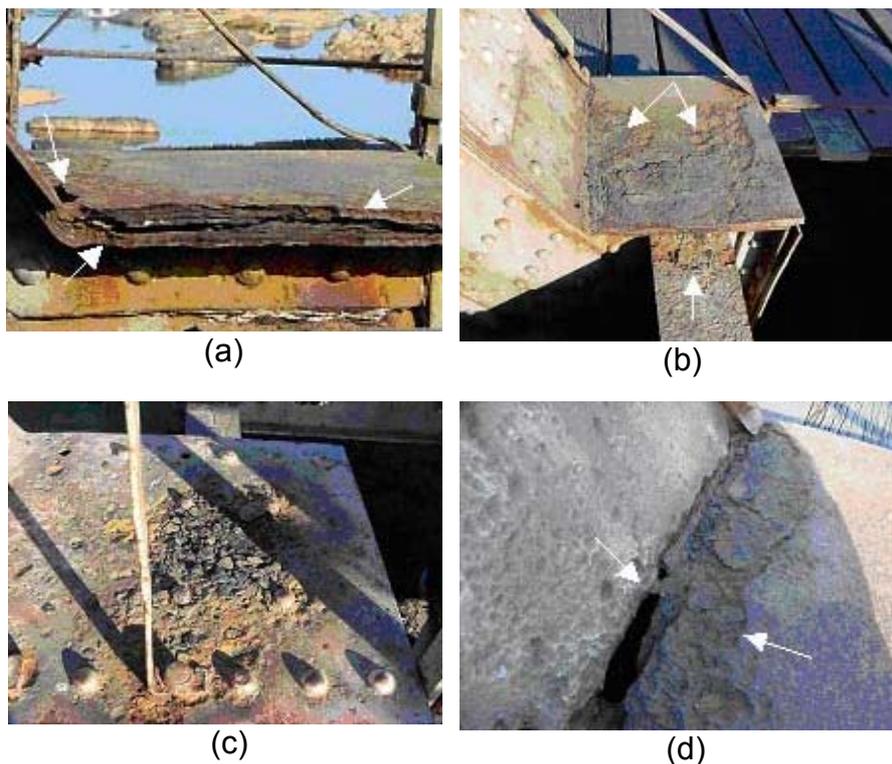


**Figura 7.** Sistema (metal/madeira) de desenvolvimento de condições ao ataque da ponte.



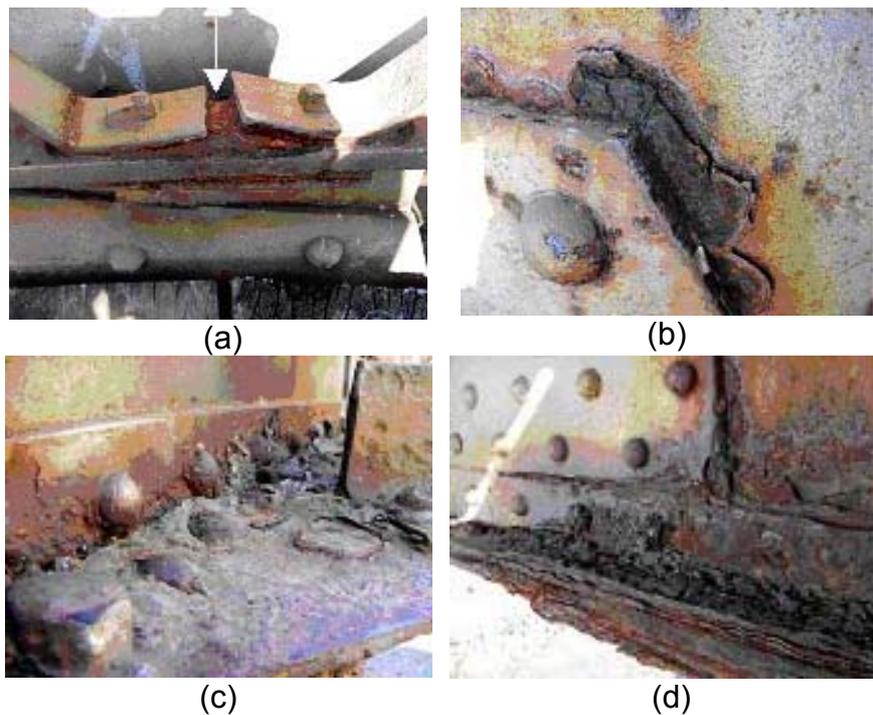
**Figura 8.** Lugares de retenção de materiais onde propicia o acúmulo de eletrólito e ataque do material.

A Figura 9 (a-d) apresenta as regiões que estão sendo degradadas em função do acúmulo de eletrólito onde os produtos de corrosão apresentam alta dissolução, ou seja, são facilmente destacados, possibilitando uma evolução contínua do processo corrosivo. Salienta-se, também, que nestes locais a estrutura encontra-se sem qualquer tipo de proteção anticorrosiva, o que possibilita uma maior degradação do material. Notam-se regiões onde o sistema corrosivo (metal/meio) é gerado particularmente em junções e frestas.



**Figura 9.** Ataque corrosivo em locais onde ocorre acúmulo de eletrólito.

A Figura 10 (a-d) mostra alguns pontos críticos onde o fenômeno de corrosão tem sido desenvolvido em função de aspectos geométricos; nestes lugares são estabelecidas regiões de frestas. Este aspecto tem propiciado uma grande intensificação do fenômeno de corrosão no material metálico uma vez que são geradas pilhas de concentração e, também, acúmulo de eletrólitos.



**Figura 10.** Desenvolvimento do fenômeno de corrosão em regiões de frestas.

É possível verificar, através da Figura 11 (a-b), que em decorrência da evolução do fenômeno de corrosão em elementos estruturais da ponte, particularmente em regiões entre uniões, onde geralmente são desenvolvidas frestas, o material sofreu intensa degradação, chegando ao colapso. Notam-se que em algumas partes ocorreu separação devido ao ataque corrosivo. Naturalmente, estes componentes deverão ser substituídos por elementos adequados para tal finalidade. É importante salientar que o material metálico que irá compor a parte a ser substituída deverá apresentar características de resistência à corrosão semelhantes ao do material da ponte, no sentido de minimização do efeito do par galvânico que será estabelecido entre os elementos estruturais.



**Figura 11.** Efeito do ataque corrosivo em elementos de ligação da ponte; nota-se degradação total de alguns componentes.

A Figura 12 (a-b) mostra que o guarda-corpo da ponte também apresenta acentuado ataque corrosivo. A Figura 12 (a) ilustra uma região onde, em função da geometria da estrutura, são criadas frestas que propiciam uma maior corrosão. A Figura 12 (b) mostra uma região onde a corrosão está ocorrendo acentuadamente no material, onde este não possui qualquer tipo de proteção anti-corrosiva.

Observou-se também, na ponte, que existem regiões de destacamento da pintura, onde a corrosão da estrutura tem evoluído [Figura 13]. Nota-se que em função da geometria da estrutura e do acúmulo de eletrólito tem-se uma intensificação do fenômeno de corrosão.



**Figura 12.** Corrosão metálica na região do guarda-corpo da Ponte Marechal Hermes.



**Figura 13.** Destacamento da pintura e ataque corrosivo no material da Ponte Marechal Hermes.

## CONCLUSÕES

- Verificou-se que a Ponte Marechal Hermes encontra-se em elevado estado de degradação por corrosão, principalmente, em regiões onde ocorre acúmulo de eletrólito;
- Os locais com presença de frestas têm desenvolvido intenso ataque corrosivo. Nestas regiões desenvolvem-se produtos de corrosão que atuam como concentradores de tensão provocando deformação e até ruptura de algumas peças que compõem os elementos estruturais;
- Diante dos dados obtidos e da espontaneidade do fenômeno de corrosão é necessário que se faça manutenção periódica na Ponte Marechal Hermes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **E8M - Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials** – 1995, p.84.
2. BATTISTA, R. C. e BARBOSA, F. S. (2000). **Reabilitação de Pontes Metálicas Ferroviárias por Ação Composta de Lajes de Concreto Armado**, XXIX Jornadas Sudamericanas de Ingenieria Estructural, 16p., Rio de Janeiro.
3. 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.

4. CÂNDIDO, L. C. (2001). **Corrosão - Notas de aula do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFOP**, 46p., Ouro Preto.
5. CÂNDIDO, L. C. (2002). **Patologia - Notas de aula do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFOP**, 108p., Ouro Preto.
6. CÂNDIDO, L. C. (2003). **Aços – Notas de aula do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFOP**, 25p., Ouro Preto.
7. COLPAERT, H. (1977). **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**, p 1-198, São Paulo.
8. FONTANA, M.G., GREEN, N.D. (1967) - **Corrosion Engineering**, 391p., McGrawHill Book Co., New York.
9. GENTIL, V. (2003). **Corrosão**, 341p., Rio de Janeiro.
10. NEVES, F. A. (2001). **Avaliação Preliminar da Ponte Ferroviária Metálica Sobre o Rio São Francisco**, 57p., Ouro Preto.
11. SARVESWARAN, V. and ROBERTS, M. B. (1998). **Reliability Analysis of Deteriorating Structures – The Experience and Needs of Practicing Engineers**, Structural Safety 20, Elsevier, p.358-372, UK.
12. SHEIR, L. L.; JARMAN, R. A.; BURSTEIN, G. T. (1994). **Corrosion – vol. 2 – Corrosion Control**, Oxford.
13. THIEL, M. E.; ZULFIGAR, K.; ENGELHARDT, M. D. (2001). **Evaluation and Reabilitation of Historic Metal Truss Bridges: Survey of Literature and Current Practices**, Technical Report Documentation Page – Report N° FHWA/TX-0-1741-1, p.21-43, Texas.
14. WOODWARD, R. J.; CULLINGTON, D. W.; DALY, A. F.; VASSIE, P. R.; HAARDT, P.; KASHNER, R.; ASTUDILLO, R.; VELANDO, C.; GODART, B.; CREMONA, C.; MAHUT, B.; RAHARINAIVO, A.; LAU,; MARKEY, I.; BEVC, L.; PERUŠ, I. (2001). **Final Repor – Contract nº RO – 97 – SC.2220**, p. 29-100, BRIME.

# STUDY OF PATOLOGIE IN CORROSION TERMS OF MARECHAL HERMES BRIDGE OVER SÃO FRANCISCO RIVER<sup>1</sup>

*Fabiana Malta Brinck<sup>2</sup>*  
*Luiz Cláudio Cândido<sup>3</sup>*  
*Francisco de Assis das Neves<sup>4</sup>*

## **Abstract**

It's known that the degradation, which occurs in metal bridges structures, is a worldwide problem. This happens because of several reasons such as the bridges' advanced age, the increase of the traffic weight, environmental attacks and, sometimes, because of projects, inadequate detailment and construction of structures. Degradation usually starts at the most weaken point of the structure, therefore it's necessary to look for visual evidences of its incidence. The incidence and extension of the damages and defects found in succeeding inspections are used to establish the estimated deterioration of structural components. In turn, this analysis works as criterion to take measures in what concerns the maintenance and rehabilitation measures. This research tried to investigate and make a diagnosis about the corrosion phenomenon developed on Marechal Hermes bridge (PMH), over São Francisco River, that is in a advanced condition of degradation.

**Key-words:** Bridge; Inspection; Corrosion.

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

<sup>2</sup> Civil Engineer, M.Sc.

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

<sup>4</sup> Civil Engineer, M.Sc., D.Sc., DECIV/UFOP