

COMPORTAMENTO DE AÇO GALVANIZADO UTILIZANDO TÉCNICAS POTENCIOSTÁTICAS, IMERSÃO E MONITORAMENTO DE POTENCIAL DE CORROSÃO ¹

*Hilton Luiz Lima Garcez²
Roberto Moreira Schroeder³
Iduvirges Lourdes Müller³*

Resumo

Os pregos de aço galvanizado utilizados na construção de casas residenciais feitas de madeira apresentaram problemas de corrosão. Nesse trabalho estuda-se o comportamento de dois tipos de aço galvanizado, com espessuras de camada de zinco diferentes, em presença de soluções obtidas a partir de diferentes tipos de madeiras. Utilizou-se técnicas de imersão, testes crono-potenciométricos e curvas de polarização para determinar a suscetibilidade a corrosão dos pregos. Foram utilizadas as soluções preparadas a partir dos cinco tipos de madeiras tradicionais no Rio Grande do Sul, além de solução de água bi-destilada que serviu como branco. Pode-se concluir que os pregos com camada de zinco mais espessa apresentaram melhora significativa da resistência a corrosão em apenas alguns casos estudados, não justificando seu emprego em outros. As madeiras que conferem às soluções um menor valor de pH mostraram ser as mais corrosivas.

Palavras-chave: Prego galvanizado; Corrosão em madeiras; Espessura da camada.

THE STUDY OF GALVANIZED STEEL BEHAVIOR BY POTENTIOSTATIC, IMMERSION AND CORROSION POTENTIAL MONITORING TECHNIQUES

Abstract

The nails of galvanized steel used in the construction of wooden houses had shown corrosion problems. In this work was studied the behavior of two different galvanized layers on steel in presence of wooden liqueur solutions. It was used, polarization, immersion and chrono potentiometry tests to determine the nails corrosion susceptibility. Five different solutions were prepared using traditional woods from Rio Grande do Sul and compared with blank solution (bi-distilled water). It was concluded that nails with thicker zinc layer had presented significant improvement of corrosion resistance, but only in some studied cases, not justifying its employment in others. The wooden liqueur solution with less pH value had shown to be more corrosive.

Key words: Galvanized nails; Wood corrosion; Layer thickness.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Graduando em Engenharia Metalúrgica do Laboratório de Pesquisas em Corrosão da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

³ *Doutor do Laboratório de Pesquisas em Corrosão da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.*

1 INTRODUÇÃO

Os pregos de aço galvanizado utilizados na construção de casas residenciais feitas de madeira apresentaram problemas de corrosão, sendo que, os produtos dessa reação conferiram um mau aspecto às residências. Nesse trabalho estuda-se o comportamento de dois tipos de aço galvanizado, um com uma camada fina de galvanização e outro com uma camada espessa, em presença de soluções obtidas a partir de cinco madeiras usuais no estado do Rio Grande do Sul. Utilizou-se técnicas de imersão, simulação de frestas e curvas de polarização para determinar a suscetibilidade à corrosão nos pregos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados basicamente quatro tipos de ensaios. Os ensaios de registros do potencial de corrosão dos pregos recobertos em função do tempo e ensaios de imersão para avaliar a variação de massa final após longa permanência dos pregos em contato com a solução foram realizados com soluções obtidas a partir das diferentes madeiras que estão sendo estudadas e também, em presença de água bidestilada. As dimensões dos pregos são: comprimento de 55,62mm com diâmetro de 2,80mm no corpo do prego e diâmetro de 5,85mm na cabeça do prego. Os licores foram preparados a partir de cavaco extraído de madeira e deixado em imersão em água bidestilada à 50°C por cinco dias. As curvas de polarização, realizadas nos pregos galvanizados, foram feitas apenas na presença das soluções obtidas a partir das madeiras, enquanto os testes de simulação de frestas foram realizados em presença de solução aquosa contendo 0,5 % de cloreto de sódio e em água bidestilada. Foi realizada a medição do pH das soluções obtidas a partir das diferentes madeiras estudadas, com auxílio de um pHmetro e soluções-tampão de pH=4 e pH=7 objetivando-se avaliar o poder corrosivo destas soluções de acordo com o pH medido.⁽¹⁾

2.1 Registro do Potencial com o Tempo

Neste ensaio, os corpos de provas do prego com camada de zinco menos espessa (denominado B.C.) e do prego com camada de zinco mais espessa (denominado A.C.) são imersos nas diferentes soluções estudadas, as quais: Grápia, Itaúba, Cedrinho, Ipê, Madeira Clara, Madeira escura (o tipo das duas últimas madeiras não foi revelado pela empresa fornecedora das madeiras) e água bidestilada (utilizada como referência). É medido então o potencial de corrosão do material e a variação do mesmo em função do tempo para cada caso estudado, usando-se como referência o eletrodo de calomelano saturado (ECS). Em relação às Figuras 7 e 8, o tempo máximo de monitoramento foi de 350 horas devido às madeiras terem sido fornecidas após o início da pesquisa.

2.2 Ensaios de Imersão

Nesse ensaio pesam-se as amostras antes delas entrarem em contato com a solução, e depois de um tempo interagindo com o meio, pesa-se novamente. A variação de massa está relacionada com a taxa de corrosão apresentada pelo sistema metal-meio. Quando a variação é positiva, ou seja, o corpo-de-prova sofre aumento de massa, significa que os produtos de corrosão formados são insolúveis

e estão agregados ao corpo-de-prova. Quando a variação é negativa, ou seja, quando o corpo-de-prova apresenta redução de massa ao longo do tempo, indica que o produto de corrosão formado é solúvel e está, portanto, dissolvido na solução. Eventualmente mais de um produto de corrosão pode ser formado com características antagônicas em relação à solubilidade, nesse caso, necessita-se realizar uma remoção mecânica ou química de todos os produtos aderidos aos corpos de prova e pesá-los novamente. Esta última condição dos produtos de corrosão não foi encontrada neste trabalho, logo não sendo necessário nenhum tipo de limpeza superficial.

2.3 Curvas de Polarização

Nessas curvas, utiliza-se um potenciostato para variar o potencial de repouso da liga em questão, acelerando ou retardando o processo corrosivo. Para isso, traça-se uma curva de potencial X densidade de corrente, a fim de avaliar o comportamento do material no meio estudado. Nesses ensaios se está avaliando apenas o comportamento do zinco em relação às soluções extraídas das madeiras em estudo, já que os testes são relativamente rápidos, não havendo tempo para que a película de zinco se dissolva a ponto de expor o aço. Desta forma as curvas foram realizadas apenas nos pregos AC, já que a espessura da camada não deveria influenciar no resultado. Não foram feitas curvas de polarização da madeira clara e da madeira escura devido às madeiras terem sido fornecidas bem depois do início da pesquisa.

2.4 Ensaios que Simulam Frestas

Nesses ensaios, o prego galvanizado fica em contato direto com cada tipo de madeira estudado, em presença de solução aquosa de 0,5% de cloreto de sódio e em presença de água bidestilada. Visando assim, avaliar o comportamento do material em contato direto com a madeira.

3 RESULTADOS

3.1 Curvas Potencial de Corrosão X Tempo

Abaixo aparecem as curvas de potencial de corrosão em função do tempo para os pregos AC e BC em água destilada e nos licores das diversas madeiras estudadas:

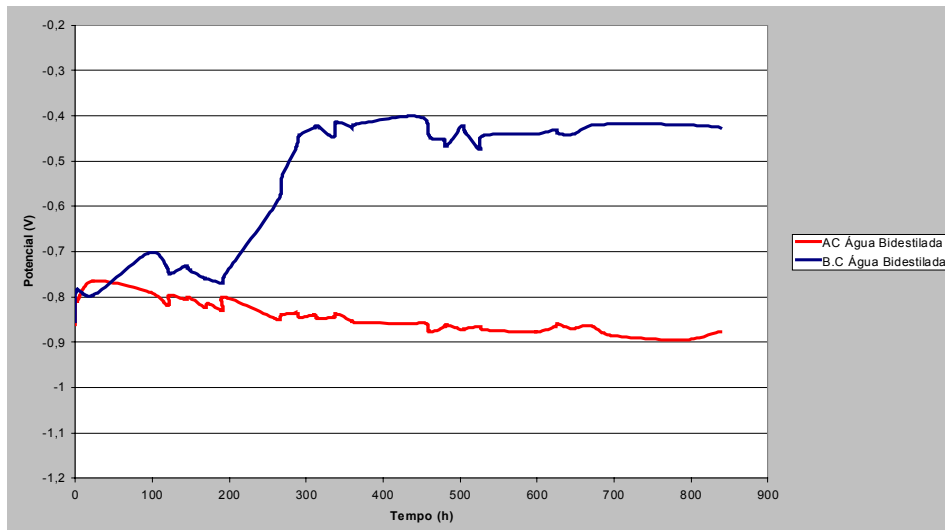


Figura. 1 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de água bidestilada.

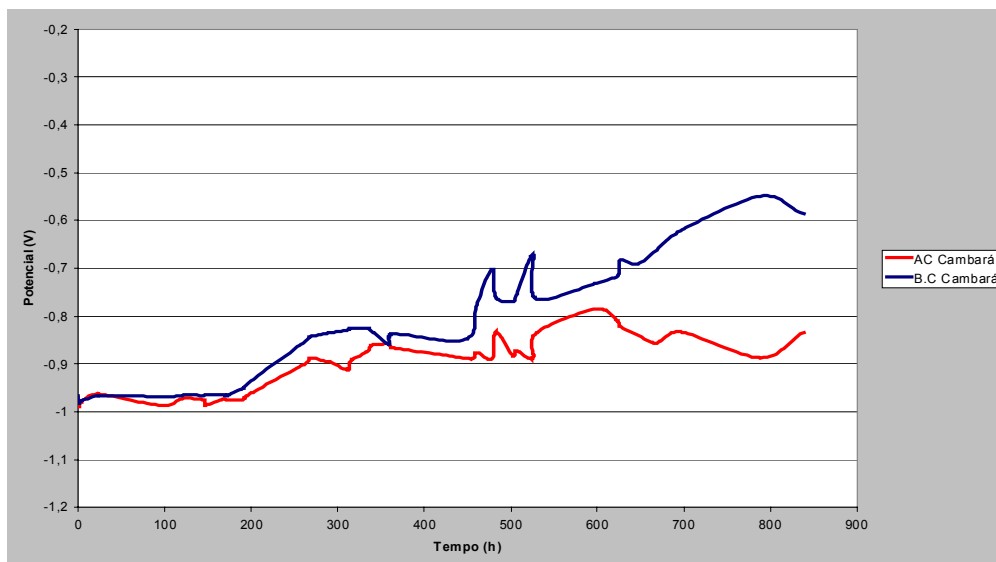


Figura 2 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira cambará.

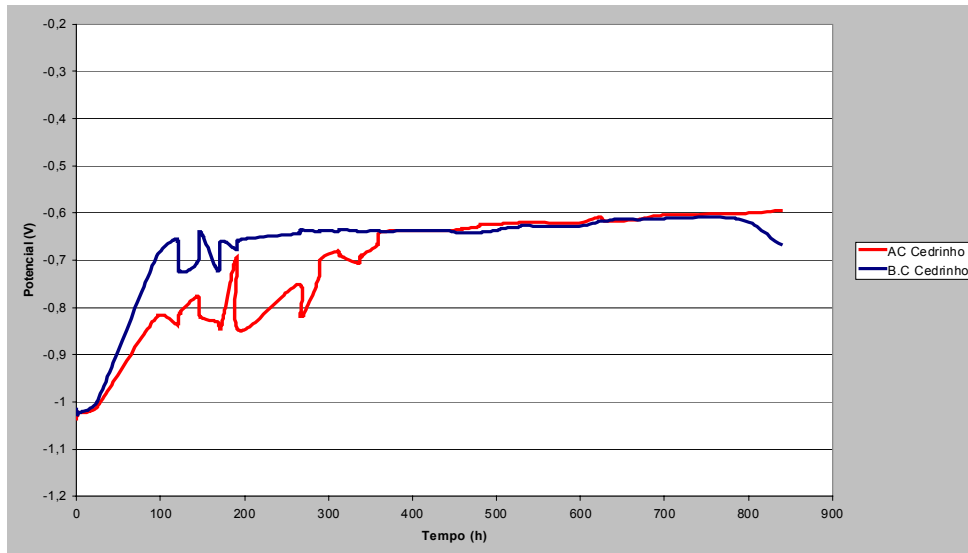


Figura 3 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira cedrinho.

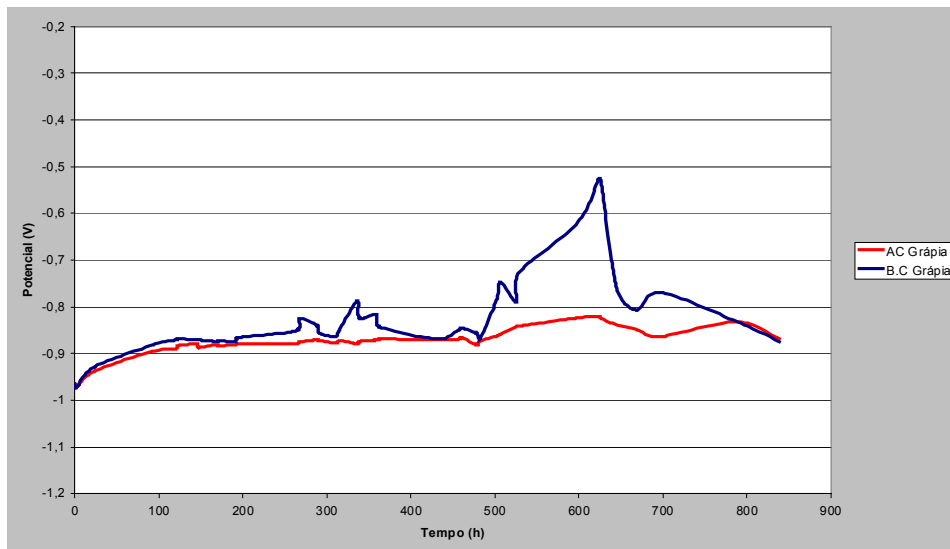


Figura 4 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira grápia.

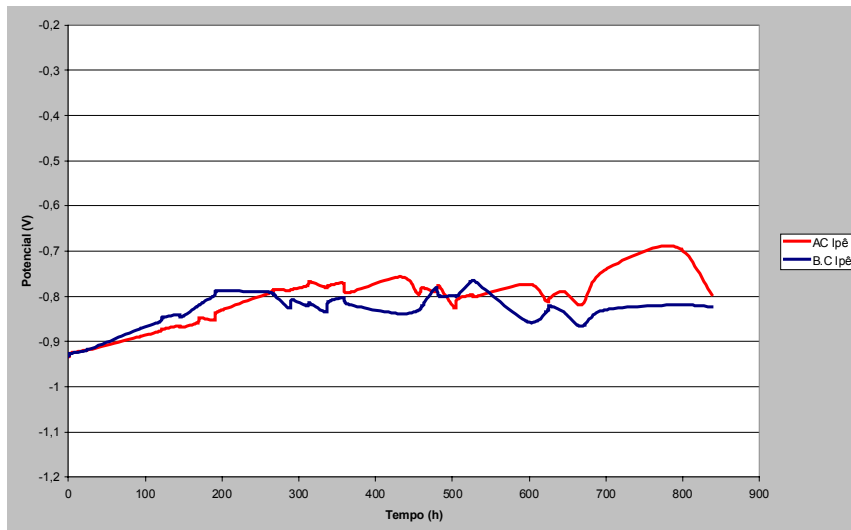


Figura 5 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira ipê.

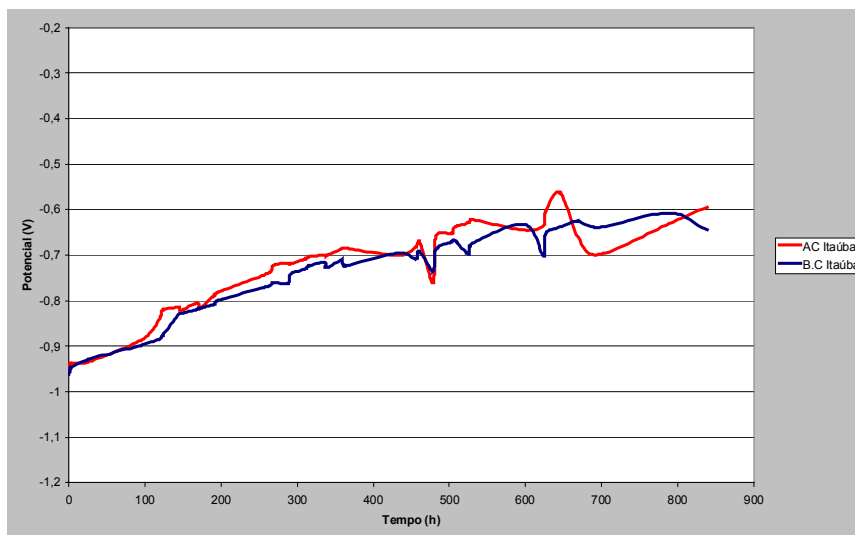


Figura 6 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira itaúba.

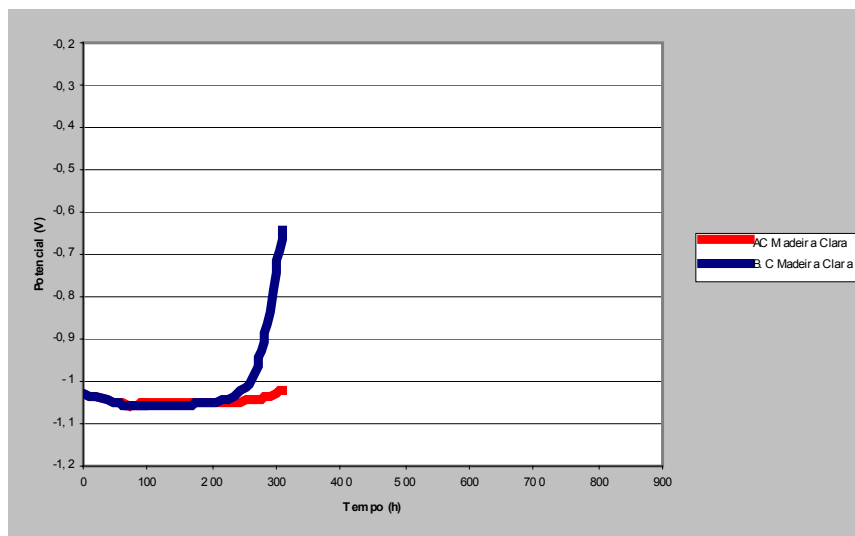


Figura 7 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira clara.

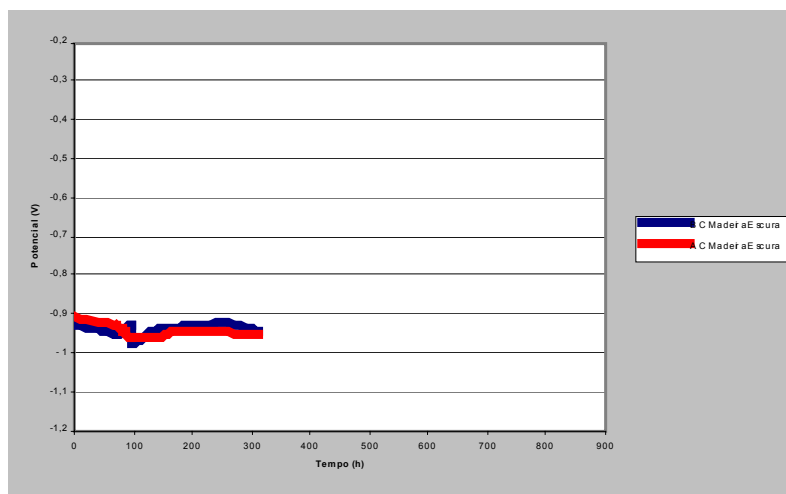


Figura 8 Variação do potencial de corrosão com o tempo para os pregos galvanizados com duas camadas de zinco distintas em presença de licor de madeira escura.

3.2 Resultado dos Ensaios de Imersão

Abaixo aparecem as perdas de massa associadas aos ensaios de imersão realizados, e uma seqüência de fotos mostrando o aspecto dos corpos de prova:

Tabela 1 Resultados do ensaio de imersão para o prego A.C.

<u>PREGO AC</u>			
<u>Cambará</u>	Mo = 2881,7 mg	Mf = 2877,1 mg	Diferença = - 15,4 mg
<u>Cedrinho</u>	Mo = 2863,7 mg	Mf = 2855,9 mg	Diferença = - 7,8 mg
<u>Itaúba</u>	Mo = 2829,0 mg	Mf = 2826,2 mg	Diferença = - 2,8 mg
<u>Ipê</u>	Mo = 2819,8 mg	Mf = 2819,1 mg	Diferença = - 0,7 mg
<u>Água</u>	Mo = 2805,1 mg	Mf = 2807,7 mg	Diferença = 2,6 mg
<u>Grápia</u>	Mo = 2894,7 mg	Mf = 2892,9 mg	Diferença = - 1,8 mg
<u>Madeira Clara</u>	Mo = 2797,4 mg	Mf = 2872,1 mg	Diferença = 74,7 g
<u>Madeira Escura</u>	Mo = 2855,0 mg	Mf = 2857,6 mg	Diferença = 2,6 g

Tabela 2 Dados do ensaio de imersão para o prego B.C.

<u>PREGO BC</u>			
<u>Cambará</u>	Mo = 2815,4 mg	Mf = 2811,1 mg	Diferença = - 4,3 mg
<u>Cedrinho</u>	Mo = 2814,1 mg	Mf = 2807,2 mg	Diferença = - 6,9 mg
<u>Itaúba</u>	Mo = 2797,0 mg	Mf = 2794,3 mg	Diferença = - 2,7 mg
<u>Ipê</u>	Mo = 2811,4 mg	Mf = 2811,6 mg	Diferença = 0,2 mg
<u>Água</u>	Mo = 2828,3 mg	Mf = 2842,2 mg	Diferença = 13,9 mg
<u>Grápia</u>	Mo = 2826,9 mg	Mf = 2827,0 mg	Diferença = 0,1 mg
<u>Madeira Escura</u>	Mo = 2839,7 mg	Mf = 2839,2 mg	Diferença = - 0,5 mg
<u>Madeira Clara</u>	Mo = 2790,9 mg	Mf = 2822,2 mg	Diferença = 31,3 mg



Figura 9 Aspecto dos pregos após imersão em água bidestilada. Esquerda prego AC, Direita prego BC.



Figura 10 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira cambará. Esquerda prego AC. Direita prego BC.



Figura 11 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira cedrinho. Esquerda prego AC. Direita prego BC.



Figura 12 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira grápia. Esquerda prego AC. Direita prego BC.



Figura 14 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira itaúba. Esquerda prego AC. Direita prego BC.



Figura 13 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira ipê. Esquerda prego AC. Direita prego BC.



Figura 15 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira clara. Esquerda prego AC. Direita prego BC.



Figura 16 Aspecto dos pregos após imersão em licor da madeira escura. Esquerda prego AC. Direita prego BC.

3.3 Curvas de Polarização

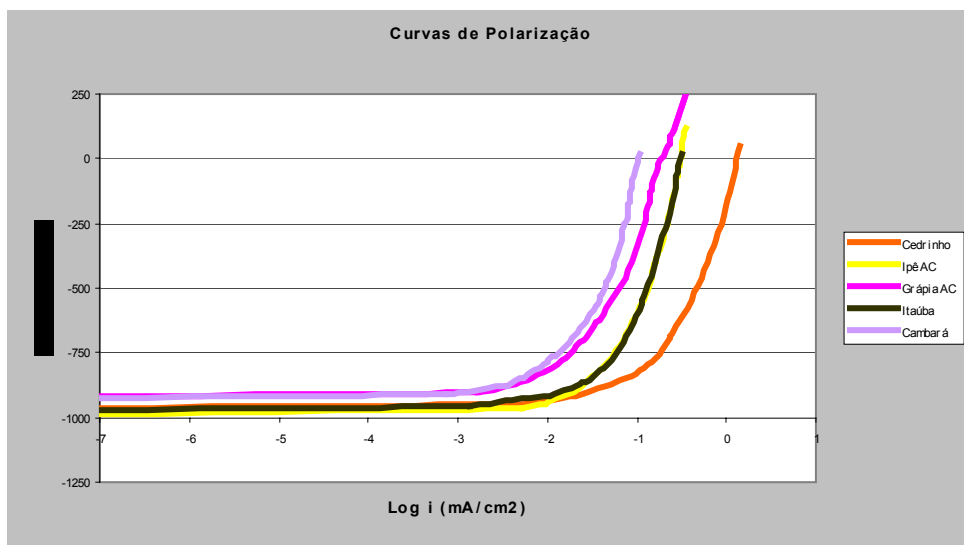


Figura 17 - Curvas de polarização feitas nos pregos recobertos nos diversos licores extraídos das madeiras.

3.4 Ensaios de Simulação de Frestas



Figura 18 Exemplo do aspecto do prego BC simulando fresta na madeira grápia (esquerda) e do aspecto do mesmo prego em contato com a solução aquosa com 0,5% de NaCl .

3.5 Medidas dos Valores de pH

Shreir⁽¹⁾ indica o pH=4 como limite entre licores de madeiras mais corrosivas (pH<4) e menos corrosivas (pH>4).

Tabela 3. Valores de pH dos licores extraídos das madeiras.

pH
Ipê – pH= 4,00
Cedrinho – pH=3,16
Cambará – pH= 3,44
Grápia – pH= 4,02
Itaúba – pH= 3,35
M.CLARA – pH = 3,48
M.Escura – pH = 6,08

5 DISCUSSÃO

5.1 Registro do Potencial com o Tempo

Em corpos de prova sem camada superficial protetora, normalmente uma queda do potencial de corrosão significa um aumento na taxa de dissolução metálica, e uma elevação nesse potencial indica uma redução na taxa de dissolução.⁽²⁾ No entanto em corpos de prova de aço recobertos com zinco (aço galvanizado) deve-se fazer outro tipo de interpretação dos resultados nesse tipo de ensaio. Uma queda no valor de potencial pode significar aumento da taxa de corrosão, mas para cada camada de metal em separado. Quando se considera ambas as camadas, o processo de dissolução do zinco ou a prévia existência ou o aparecimento de imperfeições fará o potencial subir uma vez que o potencial de corrosão do zinco, em média na presença desses licores, é de -900mV(ECS) enquanto o aço tem uma média bem mais alta, por volta de -500mV(ECS) . Quanto mais aço for exposto, em detrimento

da parte coberta com zinco, mais o potencial deve se deslocar na direção de potenciais menos negativos (em direção ao potencial do aço). Após todo o “consumo” do zinco, o prego se comportará como um material sem camada, e nova queda no potencial, portanto, significará aceleração do processo corrosivo sobre o aço.

Tabela 4: Comportamentos do aço galvanizado nos ensaios de imersão em relação aos diversos tipos de madeira.

Comportamentos do aço galvanizado nos ensaios de imersão em relação aos diversos tipos de madeira		
	<u>Prego AC</u>	<u>Prego BC</u>
Água bidestilada (fig.1)	O potencial se mantém sempre baixo indicando uma leve corrosão apenas na camada de zinco.	A camada de zinco resistiu por apenas 200 horas sendo que após o potencial sobe para: - 400mV(ECS) indicando que áreas de aço foram expostas.
Licor de madeira Cambará (fig.2)	Leve alteração para valores menos negativos indicando baixa taxa de corrosão.	Após 200 h o potencial sobe de maneira gradual até atingir - 550mV(ECS) após 800 h indicando a exposição de áreas de aço ao meio. Madeira medianamente corrosiva.
Licor de madeira Cedrinho (fig.3)	O potencial começa a subir de maneira gradual após 25 h e atinge o valor de - 600mV(ECS) após 700 h indicando que a camada de zinco foi lentamente removida por corrosão em pontos do prego.	O potencial sobe até próximo do potencial do aço nessa solução após 100 h apenas, indicando que a camada de zinco foi rapidamente removida. Essa madeira parece ser bastante corrosiva não havendo diferença significativa entre a camada espessa e a camada fina de zinco para essa madeira.
Licor de madeira Grápia (fig.4)	Leve subida do potencial, estabilizando em valores baixos de potencial -850mV(ECS) não caracterizando uma taxa de corrosão significativa.	Após as 500 h iniciais, rápida alta do potencial indicando aparecimento de zonas sem recobrimento caindo em seguida, podendo significar aceleração do processo corrosivo sobre o aço desnudo.
Licor de madeira Ipê (fig.5)	Lenta alteração do potencial de corrosão para valores menos negativos, mas permanecendo em valores baixos.	Comportamento muito similar ao encontrado no prego AC indicando, talvez, baixa corrosividade desse tipo de madeira.
Licor de madeira Itaúba (fig.6)	Aumento crescente no potencial até atingir -600mV(ECS) indicando exposição do aço.	Comportamento semelhante ao observado no resultado do prego AC indicando que o reforço na camada de zinco foi insuficiente para deter o processo de dissolução da camada. Essa madeira parece ser bastante corrosiva ao tipo de material testado.
Licor de madeira clara (fig. 7)	Nesse ensaio (de menor duração por ter sido iniciado depois dos anteriores) observa-se que o ataque não ultrapassou a camada de zinco pelo menos nas 300 h de duração.	Nas primeiras 200 h o comportamento foi igual ao observado no prego AC no entanto após esse tempo o potencial sobe rapidamente evidenciando a exposição do aço ao meio.
Licor de madeira escura (fig.8)	A camada de zinco não foi consumida no período de duração desse ensaio.	Resultado semelhante ao obtido para o prego AC mostrando que o aço não foi exposto e uma provável corrosividade menor dessa madeira em relação à madeira clara.

5.2 Ensaio de Imersão

As variações de massa foram em geral maiores nos pregos AC que nos pregos BC. No entanto, não podemos esquecer que as camadas de zinco são mais espessas nos pregos AC e o zinco tem, de uma maneira geral, uma maior velocidade de corrosão que o aço. Desta forma nos pregos AC temos mais zinco para corroer que nos pregos BC e portanto podendo sofrer uma maior variação no massa inicial, sem significar uma maior corrosão no aço, que é o substrato que está sendo protegido. As madeiras que apresentaram pouca diferença em termos de taxa de corrosão, observadas pelas curvas de potencial x tempo, entre o prego AC e o BC (ver o item conclusões) também apresentaram pouca diferença entre as variações de massa entre os corpos de prova AC e BC nos testes de imersão, (com exceção da madeira escura onde o tempo de medição do potencial foi de 300h contra mais de 800h dos outros testes) mostrando que parecem dissolver o zinco em menores taxas, fazendo, portanto, da espessura da camada um fator de menor importância.

5.3 Curvas de Polarização

O cedrinho foi a madeira que gerou mais dissolução (maior corrente) sobre a camada de zinco, o que concorda com os resultados encontrados em outros tipos de ensaio. O zinco parece ter uma taxa de dissolução menor nas madeiras cambará e grápia o que explicaria o fato dos pregos com camada mais espessa de zinco se comportarem melhor que os com camada mais fina, já que a camada mais grossa demoraria um tempo significativamente maior para se dissolver (Figura 17).

5.4 Ensaio que Simulam Frestas

As simulações de frestas feitas com os pregos AC e BC em presença de solução contendo cloretos mostraram o lado em contato com a madeira menos corroído que o lado em contato direto com a solução (Figura 18). Em relação ao poder corrosivo das soluções ser muito semelhante, uma vez que não se trata dos licores mas simplesmente as madeiras embebidas em água com sal, o aspecto dos pregos foi muito semelhante entre si, não permitindo maiores conclusões.

5 CONCLUSÃO

Baseado nos ensaios e dados obtidos nesse trabalho, pode-se concluir que as madeiras mais corrosivas em ordem decrescente são: Madeira Clara, Cedrinho, Itaúba, Cambará.

Essas são madeiras com licores possuindo pH menores que 4 e portanto, consideradas dentro do grupo de madeiras corrosivas.

As madeiras **menos** corrosivas em ordem decrescente são: Ipê, Madeira Escura, Grápia.

Estas são madeiras com licores possuindo pH maiores que 4 e portanto, consideradas dentro do grupo de madeiras menos corrosivas.

As madeiras onde o espessamento da camada de zinco **resultou** em substancial melhora na taxa de corrosão são: Madeira Clara, Cambará, Grápia.

As madeiras onde o espessamento da camada de zinco **não resultou** em substancial melhora na taxa de corrosão são:

- Madeira escura - Ambos pregos (AC e BC) apresentaram taxas de corrosão muito baixas.
- Ipê – Ambos pregos (AC e BC) apresentaram taxas de corrosão muito baixas.
- Itaúba – Ambos pregos (AC e BC) apresentaram taxas de corrosão altas
- Cedrinho – Ambos pregos (AC e BC) apresentaram taxa de corrosão muito altas.

O aspecto dos pregos quando removidos do ensaio de imersão (figuras 9 até 16), de certa forma, confirmam as conclusões apresentadas acima.

Agradecimentos

Gerda pelo suporte financeiro à este projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 Shreir L.L. Corrosion vol.2 newnes-buttlerworths eds seg. Edição 1982.
- 2 Gemelli E. Corrosão de materiais metálicos e sua caracterização ed. LTC