







Received:  
March 30, 2020

Accepted:  
April 24, 2020

Published:  
April 30, 2020

## Analysis of drugs as corrosion inhibitors in metallic materials

Matheus da Silva Lages<sup>1</sup> , Anderson Júnior dos Santos<sup>2</sup> , Geraldo Lopes Neto<sup>1</sup> ,  
Luan Pereira Salim<sup>1</sup> , Mateus de Moura Melo<sup>1</sup> , Sérgio Pereira Cerqueira<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brasil.

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil.

### Endereços de e-mail

matheuslages@yahoo.com.br (Matheus S. Lages) – Corresponding author.

### Abstract

The use of metallic materials is very important for our society, and corrosion is a spontaneous degradation process that turns their application harder and more expensive. Therefore, alternative and cheap methods for the reduction or elimination of this process are necessary, as drugs with anti-corrosive properties. The objective of this study was measuring the efficiency, through gravimetric analysis in acid media (HCl 1M), of Dipyrone Monohydrate and Ticlopidine Hydrochloride as corrosion inhibitors, on four materials: steel, cast iron, brass and aluminum. The Ticlopidine Hydrochloride on steel had the max efficiency of 99,17% and the Dipyrone Monohydrate on brass had the minimum efficiency of 0,22%.

**Keywords:** Corrosion, Dipyrone Monohydrate, Ticlopidine Hydrochloride, Corrosion inhibitors.

## 1. Introdução

O desenvolvimento do ser humano e da sociedade sempre esteve ligado à capacidade de manejar e transformar os materiais, com o intuito de atender às suas necessidades e melhorar a qualidade de vida.

Torna-se necessário a compreensão das características físicas e químicas dos materiais para sua adequada utilização, levando em consideração diversos fatores, como por exemplo, os processos de degradação desses materiais. O entendimento dos processos de degradação dos materiais possibilita a eliminação ou redução do mesmo, maximizando a vida útil e eficiência do material.

A degradação é um fenômeno natural provocado pelas interações entre os materiais e o meio ambiente, podendo afetar diretamente suas propriedades mecânicas, como ductilidade e resistência, além de propriedades estéticas. Os materiais metálicos, quando expostos à atmosfera terrestre, estão sujeitos à corrosão, que é um processo espontâneo de deterioração por ação química e/ou eletroquímica (Gentil, 1996).

O impacto econômico da corrosão é enorme. sendo que, é estimado que de 3 a 4% do Produto Nacional Bruto é decorrente dos processos de corrosão, o que resulta em gasto extremo por causa deste fenômeno. As soluções mais comuns para este processo envolvem a troca de equipamentos ou peças, a utilização de ligas mais nobres ou a aplicação de inibidores de corrosão (Mazzer e Afonso, 2012).

Uma possível alternativa para minimizar os efeitos da corrosão em materiais metálicos consiste na utilização de inibidores de corrosão.

A utilização de fármacos como inibidores de corrosão é uma alternativa simples e barata, que pode ser realizada com fármacos vencidos, reaproveitando o produto que seria descartado. Alguns fármacos vencidos já apresentaram uma eficiência anticorrosiva considerada boa em aço A36, como por exemplo: Fluormetolona, Benzocafina e Cloridrato de Metoclopramida (Fernandes et al., 2017).

## 2. Metodologia

O objetivo principal deste estudo foi analisar a eficiência dos fármacos Dipirona Monoidratada e do Cloridrato de Ticlopidina vencidos como inibidores de corrosão em alguns dos materiais metálicos mais utilizados: aço, ferro fundido, alumínio e latão.

Estes fármacos foram selecionados por terem se destacados entre outros diversos fármacos na proteção contra corrosão em materiais metálicos (Saigg et al., 2018; Rodrigues et al., 2018). Como um objetivo secundário, foi realizada uma análise da relação entre a rugosidade média dos corpos de prova metálicos e a perda de massa por corrosão, uma vez que a rugosidade superficial é diretamente proporcional à perda de massa por corrosão, devido à maior probabilidade de formação de pites (Gravalos et al., 2010).

## 2.1. Fabricação dos Corpos de Prova

Foram fabricados 9 corpos de provas cilíndricos de alumínio, aço, ferro fundido e latão. Os corpos de prova foram adquiridos inicialmente como barras cilíndricas com 25,4 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento (Figura 1), sendo posteriormente usinadas no Laboratório de Usinagem e Automação, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), nas dimensões: 22 mm de diâmetro e 30 mm de comprimentos.



Figura 1 – Barras de alumínio e latão utilizados para fabricação dos corpos de prova.

Os 36 corpos de prova usinados foram separados e devidamente identificados (Figura 2).



Figura 2 – Corpos de prova devidamente identificados.

Após a usinagem dos corpos de prova, foi verificada a rugosidade superficial média de cada corpo de prova. Para a verificação da rugosidade, utilizou-se um rugosímetro portátil da marca *Taylor Hobson® Precision Surtronic 25*, devidamente calibrado.

A rugosidade superficial foi medida em três diferentes pontos dos corpos de prova, com um espaçamento de 120° na face lateral do cilindro.

## 3. Coleta de dados

Os ensaios de corrosão foram realizados no Laboratório de Química Tecnológica I da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM). O método gravimétrico foi utilizado para medir a taxa de corrosão, já que este é um método simples, que consiste na medição da massa dos corpos de prova antes e após à corrosão.

Desta forma, a taxa de corrosão é dada pela Equação 1 (Fernandes et al., 2017):

$$T_c = \frac{k \cdot \Delta m}{A \cdot d \cdot t} \quad (1)$$

onde  $T_c$  é a taxa de corrosão,  $\Delta m$  é a perda de massa,  $A$  é a área exposta ao meio corrosivo,  $d$  é a densidade dos corpos de prova e  $t$  é o tempo de exposição.

Os corpos de prova foram devidamente preparados e expostos à ambiente contendo ácido HCl 1 M por 24 horas. O tempo adotado para os ensaios de corrosão foi de 24 horas. Este tempo foi considerado suficiente para verificar os efeitos da corrosão, uma vez que, conforme apresentado na Figura 3, para corpos de prova de aço em meio ácido de HCl 1M, a taxa de corrosão se torna estável a partir de 5 horas de exposição, deste modo, é desnecessário realizar ensaios com tempos maiores (Fernandes et al., 2017; Paranhos et al., 2017). Por motivos de praticidade e por não influenciar no objetivo do experimento, foi adotado o tempo de exposição ao ambiente ácido de 24 horas.

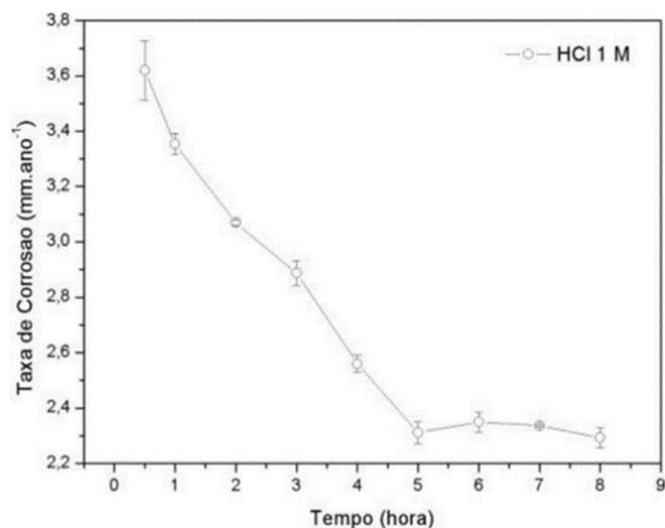


Figura 3 – Relação entre a taxa de corrosão e o tempo em meio corrosivo (Rodrigues et al., 2018).

Para realização do experimento, os corpos de prova foram primeiramente lixados, com lixa d'água de granulometria 400, com o intuito de promover uma superfície mais homogênea, removendo as saliências (Fernandes et al., 2017; ASTM, 1999). Em seguida, os valores de diâmetro e comprimento foram medidos para cada corpo de prova, utilizando um paquímetro.

O próximo passo na preparação dos corpos de prova foi a limpeza.

Cada corpo de prova foi limpo quimicamente com água, surfactante, água, etanol e acetona, respectivamente, de forma a remover os óxidos e demais impurezas (Fernandes et al., 2017). Após a limpeza, os corpos de prova foram secos e suas massas foram medidas em balança analítica com precisão de 4 casas decimais.

Após o registro da massa, os corpos de prova foram inseridos em béqueres individuais contendo 45 ml de HCl 1M, com ou sem a adição de fármacos, quantidade suficiente para cobrir toda superfície dos corpos de prova. Como foram fabricados nove corpos de prova de cada material, foram feitos três ensaios semelhantes para cada material da seguinte forma:

- Três ensaios em branco, contendo apenas HCl 1M;
- Três ensaios contendo 4 ml (equivalente a 2 gramas) de Dipirona Monoidratada líquida [9];
- Três ensaios contendo 750 mg de Cloridrato de Ticlopidina (Cloridrato de ticlopidine, 2013).

Após 24 horas em meio corrosivo, foi feita a retirada dos corpos de prova, seguida da limpeza, secagem, verificação da massa e medição das dimensões finais

#### 4. Resultados e discussões

Após os experimentos, foram comparadas as medidas iniciais e finais da massa dos corpos de prova, de forma a averiguar o efeito da corrosão. A variação de diâmetro e comprimento foi considerada desprezível, já que não foi possível verificar diferença com o instrumento de medição utilizado. A perda de massa média ( $\Delta m$ ) para cada material está representada nas Figuras 4, 5, 6 e 7.

A partir destes resultados, observa-se que o Cloridrato de Ticlopidina apresentou, em geral, maior capacidade de inibição da corrosão, comparado com a Dipirona Monoidratada. Outra observação importante é que, apesar de possuir maior densidade, o latão obteve as menores perdas de massa, já que o cobre e suas ligas têm uma elevada resistência à corrosão em comparação aos outros materiais, por isso são muito utilizados em sistemas de refrigeração a líquido (Rani and Selvaraj, 2010).

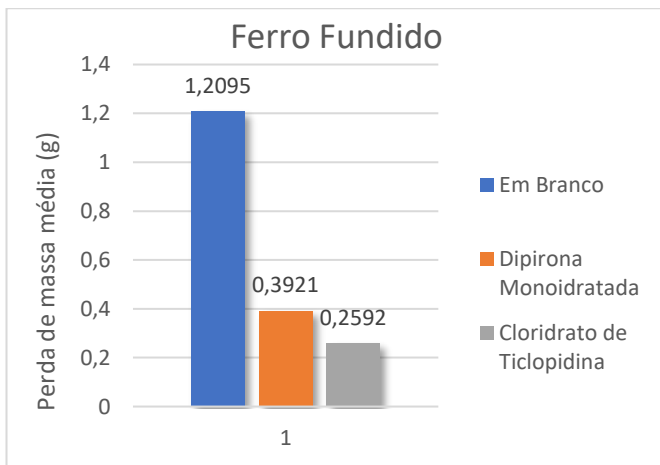


Figura 4 – Perda de massa média para corpos de prova de Ferro Fundido.

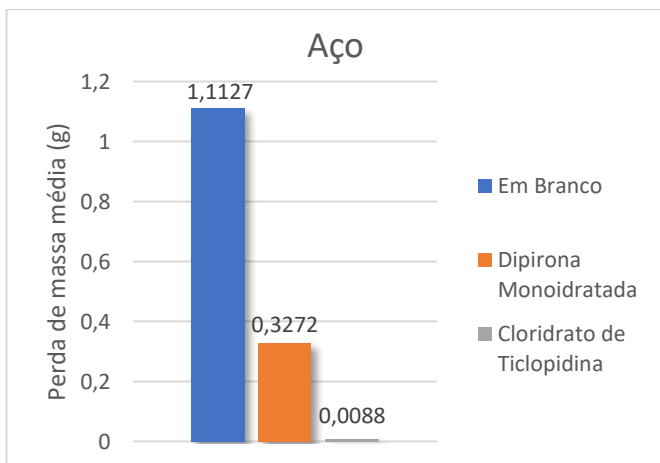


Figura 5 – Perda de massa média para corpos de prova de Aço.

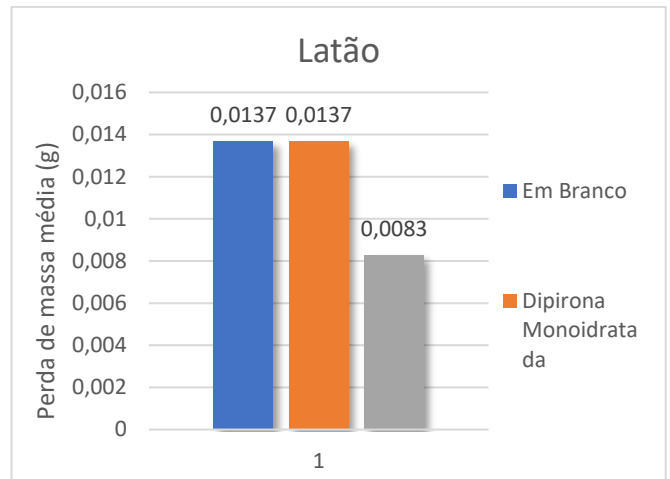


Figura 6 – Perda de massa média para corpos de prova de Latão.

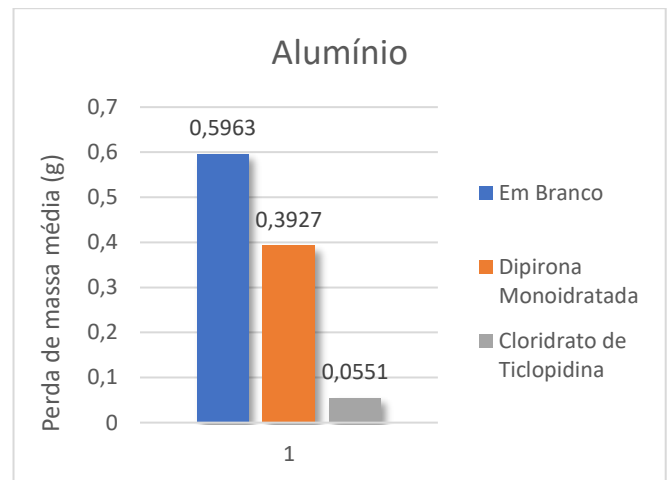


Figura 7 – Perda de massa média para corpos de prova de Alumínio.

#### 4.1. Eficiência dos fármacos

A eficiência de cada fármaco como inibidores de corrosão é dada pela Equação 2, que relaciona a taxa de corrosão com e sem inibidor:

$$\eta(\%) = \frac{(T_c - T_{c_{inib}})}{T_c} \cdot 100 \quad (2)$$

onde ( $\eta$ ) é a eficiência calculada,  $T_c$  é a taxa de corrosão sem inibidor,  $T_{c_{inib}}$  é a taxa de corrosão com inibidor.

A partir das Equações 1 e 2, é possível obter a Equação 3, esta última relaciona a perda de massa ( $\Delta m$ ), a área de contato ( $A$ ) e o tempo presente ( $t$ ) em meio corrosivo com a eficiência ( $\eta$ ) do fármaco:

$$\eta(\%) = \frac{\left(\frac{\Delta m}{A \cdot \Delta t}\right) - \left(\frac{\Delta m_{inib}}{A_{inib} \cdot \Delta t_{inib}}\right)}{\left(\frac{\Delta m}{A \cdot \Delta t}\right)} \cdot 100 \quad (3)$$

As Figuras 8 e 9 apresentam a eficiência de cada fármaco. É importante ressaltar que as concentrações de fármacos utilizadas neste trabalho foram, relativamente, muito elevadas. Por exemplo, foi utilizado 44,4 g/L de Dipirona Monoidratada, enquanto em trabalho anterior foi utilizado apenas 100 mg/L (Fernandes et al., 2017). Desta forma, é evidente que a eficiência da Dipirona Monoidratada seja maior, já que a eficiência anticorrosiva é diretamente

proporcional à concentração do inibidor de corrosão (Paranhos et al., 2017).

É possível observar que o Cloridrato de Ticlopidina foi, em geral, mais eficiente do que a Dipirona Monoidratada como inibidor de corrosão, menos com uma concentração de 16,7 g/L. Sua eficiência mais alta foi de 99,17% no aço, podendo ser considerada excelente. Em contrapartida, a Dipirona Monoidratada obteve uma eficiência de 0,22% no latão.

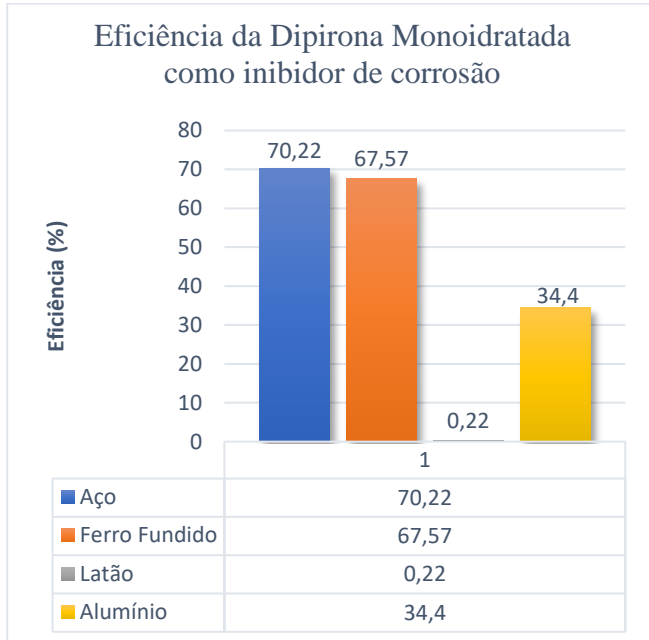


Figura 8 – Eficiência média da Dipirona Monoidratada como inibidor de corrosão, concentração de 44,4 g/L.

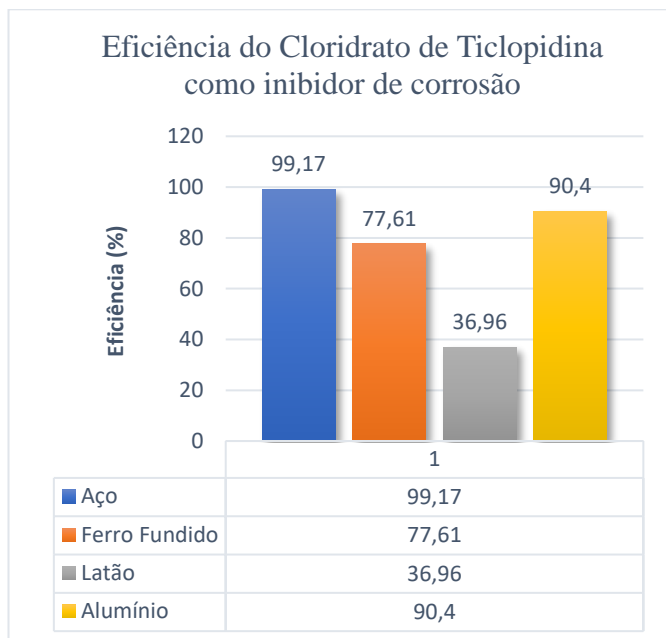


Figura 9 – Eficiência média do Cloridrato de Ticlopidina como inibidor de corrosão, concentração de 16,7 g/L.

## 4.2. Relação entre rugosidade e perda de massa

Com os dados de rugosidade obtidos dos 36 corpos de prova, foi confeccionada uma tabela para cada material, onde se relaciona o corpo de prova, as medidas de rugosidade e a média.

Tabela 1 – Corpos de prova de Ferro Fundido relacionados com suas respectivas medidas de rugosidade e média.

| Corpo de Prova (Ferro Fundido) | Medida 1 (µm) | Medida 2 (µm) | Medida 3 (µm) | Média final (µm) |
|--------------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| 1                              | 4,42          | 4,98          | 4,36          | 4,58             |
| 2                              | 4,88          | 5,76          | 4,98          | 5,20             |
| 3                              | 5,80          | 5,46          | 5,96          | 5,74             |
| 4                              | 4,72          | 4,50          | 4,24          | 4,48             |
| 5                              | 3,90          | 3,56          | 4,34          | 3,93             |
| 6                              | 3,36          | 3,36          | 3,12          | 3,28             |
| 7                              | 4,68          | 4,56          | 4,28          | 4,50             |
| 8                              | 4,20          | 4,10          | 5,06          | 4,45             |
| 9                              | 3,26          | 3,54          | 3,50          | 3,43             |

Tabela 2 – Corpos de prova de Aço relacionados com suas respectivas medidas de rugosidade e média.

| Corpo de Prova (Aço) | Medida 1 (µm) | Medida 2 (µm) | Medida 3 (µm) | Média final (µm) |
|----------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| 1                    | 2,68          | 3,00          | 4,06          | 3,24             |
| 2                    | 2,20          | 1,77          | 1,62          | 1,86             |
| 3                    | 3,74          | 3,76          | 4,40          | 3,96             |
| 4                    | 1,96          | 2,72          | 2,06          | 2,24             |
| 5                    | 2,94          | 2,32          | 2,44          | 2,56             |
| 6                    | 6,04          | 3,44          | 4,30          | 4,59             |
| 7                    | 4,06          | 5,34          | 5,26          | 4,88             |
| 8                    | 3,26          | 2,14          | 2,92          | 2,77             |
| 9                    | 2,86          | 1,96          | 3,16          | 2,66             |

Tabela 3 – Corpos de prova de Latão relacionados com suas respectivas medidas de rugosidade e média.

| Corpo de Prova (Latão) | Medida 1 (µm) | Medida 2 (µm) | Medida 3 (µm) | Média final (µm) |
|------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| 1                      | 3,34          | 4,04          | 3,42          | 3,60             |
| 2                      | 4,24          | 3,60          | 4,86          | 4,23             |
| 3                      | 3,74          | 3,98          | 4,62          | 4,11             |
| 4                      | 3,88          | 3,98          | 4,44          | 4,10             |
| 5                      | 3,66          | 3,92          | 4,08          | 3,88             |
| 6                      | 3,82          | 3,58          | 3,50          | 3,63             |
| 7                      | 3,86          | 4,30          | 3,70          | 3,95             |
| 8                      | 4,46          | 3,94          | 3,72          | 4,04             |
| 9                      | 5,62          | 6,18          | 5,44          | 5,74             |

Tabela 4 – Corpos de prova de Alumínio relacionados com suas respectivas medidas de rugosidade e média (autoria própria)

| Corpo de Prova (Alumínio) | Medida 1 (µm) | Medida 2 (µm) | Medida 3 (µm) | Média final (µm) |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------|
| 1                         | 2,82          | 3,28          | 4,66          | 3,58             |
| 2                         | 5,04          | 4,92          | 4,82          | 4,92             |
| 3                         | 4,48          | 4,30          | 4,50          | 4,42             |
| 4                         | 4,84          | 3,92          | 5,62          | 4,79             |
| 5                         | 5,10          | 4,70          | 4,74          | 4,84             |
| 6                         | 4,76          | 4,54          | 4,44          | 4,58             |
| 7                         | 5,72          | 4,66          | 4,18          | 4,85             |
| 8                         | 4,44          | 4,74          | 5,26          | 4,81             |
| 9                         | 4,40          | 4,50          | 4,58          | 4,49             |



A seguir, confeccionou-se um gráfico de dispersão, relacionando a rugosidade e a perda de massa individual dividida pela perda de massa média de cada corpo de prova. A partir deste gráfico, foram traçadas diversas linhas de tendência, de forma a examinar possíveis correlações. A Figura 10 apresenta as linhas de tendência por material e a Figura 11, as linhas de tendência por meio corrosivo.

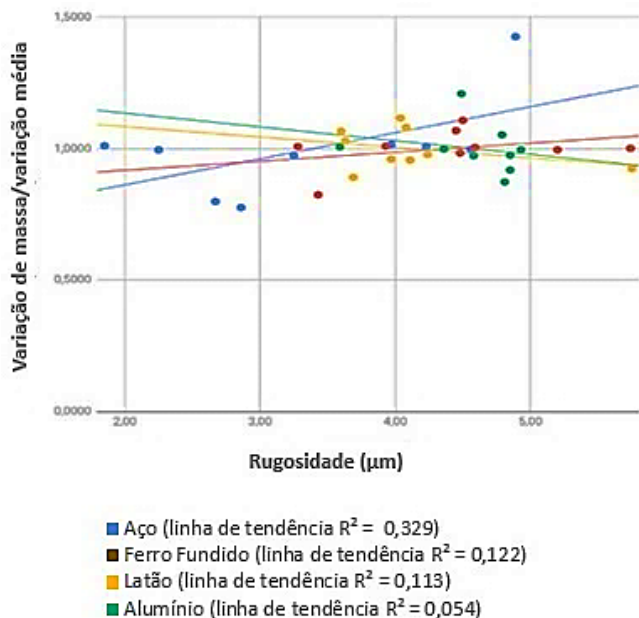


Figura 10 – Relação entre rugosidade e variação de massa para cada tipo de material (autoria própria)

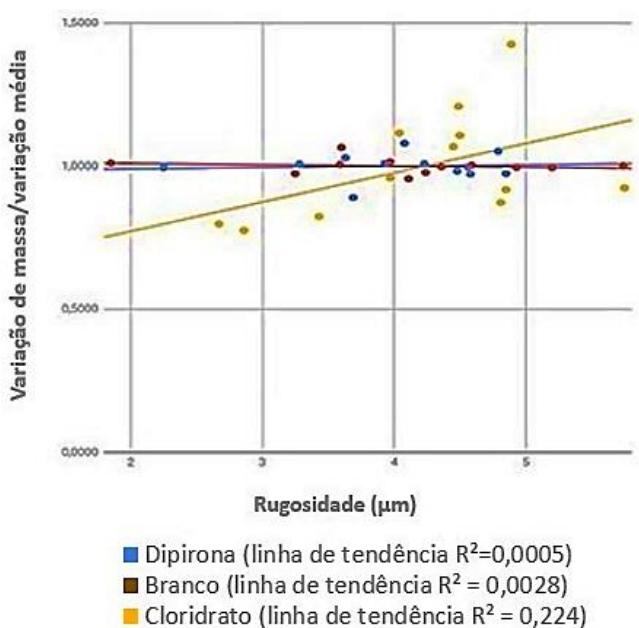


Figura 11 – Relação entre rugosidade e variação de massa para cada meio corrosivo (autoria própria)

Como os coeficientes de correlação foram muito baixos, é apropriado dizer que esta análise foi inconclusiva. Existe a possibilidade da ocorrência de erros experimentais inesperados, que tornaram as medidas de rugosidade inválidas, como o lixamento dos corpos de prova ou até mesmo o armazenamento e transporte deles entre os laboratórios.

## 5. Conclusão

O Cloridrato de Ticlopidina obteve resultados expressivos em relação à sua eficiência. Suas aplicações no aço e no alumínio podem ser consideradas excelentes, com eficiência superior a 90%. Sua aplicação no ferro fundido pode ser considerada boa e sua aplicação no latão foi razoável, entretanto, com eficiência muito maior quando comparado aos resultados da Dipirona Monoidratada.

O resultado positivo deste fármaco como inibidor torna-o interessante para outras pesquisas, levando em consideração valores menores de concentrações e modo de aplicá-lo.

A Dipirona Monoidratada obteve uma eficiência boa no aço e no ferro fundido, razoável no alumínio e péssima no latão. É possível dizer que ela não agiu como inibidor de corrosão no latão, já que sua eficiência foi muito próxima à zero.

A análise da relação entre rugosidade superficial média e perda de massa não gerou resultados satisfatórios, sendo inconclusiva. Vários motivos podem ser atribuídos a este ocorrido, como uma medida imprecisa, o armazenamento dos corpos de prova, o lixamento, ou outros fatores inesperados.

Novos estudos devem ser feitos contemplando este tema, levando em consideração outras concentrações dos fármacos, corpos de provas de outros materiais metálicos e modos de aplicar esses inibidores em objetos metálicos existentes.

## 6. Agradecimentos

Agradecemos ao professor Alexandre Mendes Abrão por possibilitar a fabricação dos corpos de provas utilizados nesse experimento no Laboratório de Usinagem e Automação, da Universidade Federal de Minas Gerais.

## Referências

- ASTM – American Society for Testing and Materials, 1999. *G1-90:1999 - Standard practice for preparing, cleaning, and evaluating corrosion test specimens*. West Conshohocken: ASTM International.
- Cloridrato de ticlopidina, 2013. *Bula do Cloridrato de Ticlopidina comprimidos*. Responsável técnico Ronoel Caza de Dio. Hortolândia: EMS, 2013. Bula de remédio.
- Dipifarma, 2017. *Dipifarma: solução injetável*. Responsável técnico A.F. Sandes. Barbalha: Farmace, 2017. Bula de remédio.
- Fernandes, C.M., Junior, N.E. dos S., Epitácio, G.E. e Ponzio, E.A., 2017. *Utilização de fármacos vencidos como inibidores de corrosão em aço carbono A36 e HCl 1M*. In: Anais do IX Encontro Técnico de Materiais e Química, Rio de Janeiro: IPQM.
- Gentil, V., 1996. *Corrosão*. 3 ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos (LTC). Rio de Janeiro.
- Gravalos, M.T., Martins, M., Diniz, A.E. e Mei, P.M., 2010. *Influência da rugosidade na resistência à corrosão por pite em peças torneadas de aço inoxidável superaustenítico*. Revista Escola de Minas, 63(1), pp.77-82. <https://doi.org/10.1590/S0370-44672010000100013>.

- Mazzer, E.M. e Afonso, C.R.M., 2012. *Avaliação da aplicação de recobrimento metálico amorfo para proteção contra corrosão e desgaste*. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, 7(2), pp.123-130.
- Paranhos, C.H.V., Fernandes, C.M., Junior, N.E.S., Barrios, A.M., Álvarez, L.X. e Ponzio, E.A., 2017. *Avaliação de uma molécula orgânica derivada do triazol como inibidor de corrosão em meio ácido de HCl 1M*. In: Anais do IX Encontro Técnico de Materiais e Química. Rio de Janeiro: IPqM.
- Rani, P.D. and Selvaraj, S., 2010. *Inhibitive and adsorption properties of Punica granatum extract on brass in acid media*. Journal of Pythology. 2(11), pp.58-64.
- Rodrigues, C.B., Lages, M.S., Matos, C.A.T., Alexandrino, C.H., Saigg, E.P., Almeida, E.W.A. e Reis, R.F., 2018. *Fármacos vencidos no estado sólido como inibidores de corrosão em materiais metálicos*. In: I Semana da Engenharia do Campus do Mucuri. Teófilo Otoni: UFVJM. [online] Disponível em: <<https://www.cevibra.com.br/eventos/i-sengen-ufvjm-campus-do-mucuri>>. [Acessado 30 março 2020].
- Saigg, E.P., Lages, M.S., Matos, C.A.T., Alexandrino, C.H., Rodrigues, C.B., Almeida, E.W.A. e Reis, R.F., 2018. *Utilização de fármacos vencidos no estado líquido como inibidores de corrosão*. I Semana da Engenharia do Campus do Mucuri. Teófilo Otoni: UFVJM. [online] Disponível em: <<https://www.cevibra.com.br/eventos/i-sengen-ufvjm-campus-do-mucuri>>. [Acessado 30 março 2020].