INTERCORR2008_192

Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Corrosão de aços baixo-carbono conformados pelo processo de trefilação

Sonia Braunstein Faldini[1], Cleber Haruo Fukugauchi[2], Mauro César Terence[3], Lílian de Azevedo Maria[4]

Abstract

Low carbon steel generally annealed are used in the manufacture of wires. These wires are cold drawing through special steel die or tungsten carbide. The cold drawing process is carried through a lubricant and the ready wires are covered with a mineral protective oil layer. The corrosion resistance of *polished wires* destined to a posterior superficial treatment and *wires for manufacture* applied for the production of nails and gratings of stove had been analyzed. Two corrosion test executed in industrial water and sodium chloride solution 1 g/L (NaCl 1 g/L) - weight loss and open circuit potential measurements - allowed to evaluate the effect of the surface roughness, the residual lubricant presence and the protective oil. Wires devices with bigger roughness and less work-hardened present greater weight loss, however the residual lubricant presence diminish the corrosion, being its protection smaller than protective oils. The protective oil with bigger residues degree is oxidated by the sodium chloride solution, better protecting the *wires for manufacture* against corrosion. The results of open circuit potentials gotten in solution of NaCl 1 g/L after one day of immersion, for the two types of wire with and without protective oil, show a reduction in the open circuit potential about 300mV more negative than the initial value.

Resumo

Aços de baixo teor de carbono são bastante utilizados na fabricação de arames, geralmente no estado recozido. Esses produtos são obtidos por trefilação repetida à frio através de matrizes de aço especial ou carboneto de tungstênio. O processo de trefilação é realizado na presença de lubrificante e os arames prontos são recobertos com uma camada de óleo protetivo mineral. *Arames polidos* destinados a um tratamento superficial posterior e *arames artefatos* aplicados para a produção de pregos e grades de fogão foram analisados quanto a sua resistência à corrosão em água industrial e em solução de cloreto de sódio 1 g/L. Medidas de perda de massa e de potencial em circuito aberto permitiram avaliar o efeito da rugosidade superficial, da presença de lubrificante residual e do tipo de óleo protetivo usado após a trefilação. *Arames*

[1] Doutora, Química – Universidade Presbiteriana Mackenzie
[2] Engenheiro de Materiais – Universidade Presbiteriana Mackenzie/Gerdau
[3] Doutor, Químico – Universidade Presbiteriana Mackenzie
[4] Engenheira Química - Gerdau

1 Mestre, Engenheiro de Petróleo - EMPRESA
2 Engenheiro Civil – EMPRESA
3 PHD, Engenheira Civil – EMPRESA

artefatos com maior rugosidade e menos encruados apresentam maior perda de massa, entretanto a presença de lubrificante residual diminui a corrosão, sendo seu efeito pequeno em relação aos óleos protetivos. O óleo protetivo com maior teor de resíduos é oxidado pela solução de cloreto de sódio resultando uma melhor proteção dos *arames artefatos* contra a corrosão. Os resultados de potenciais em circuito aberto obtidos em solução de NaCl 1 g/L após um dia de imersão, para os dois tipos de arames com e sem óleo protetivo, mostram uma diminuição no potencial que tende a um valor constante cerca de 300mV mais negativo do valor inicial.

Palavras-chave: corrosão, aços baixo carbono, trefilação, óleos protetivos

1. INTRODUÇÃO

O processo de trefilação, normalmente realizado à temperatura ambiente, consiste em puxar o metal através de uma matriz (fieira) fazendo com que a área do metal seja reduzida (1-3). O produto obtido são os *arames trefilados* de baixo teor de carbono, de seção redonda, que são utilizados na fabricação de pregos, parafusos, correntes, condensadores, objetos de usos domésticos, entre outros. Neste processo são utilizados lubrificantes geralmente sólidos como os estearatos de sódio e de cálcio. O papel destes lubrificantes é minimizar o atrito entre a fieira e o material nas reduções de área (1)

Na ausência de proteção efetiva contra a corrosão durante o período de armazenamento, a vida útil dos *arames trefilados* é comprometida podendo haver perdas de espessura e de resistência mecânica (4-5). Por isso a necessidade de se estudar a corrosão destes materiais, devendo ser consideradas algumas variáveis, como: (a) o estado de superfície do arame trefilado que pode contribuir para o processo de corrosão: uma superfície menos rugosa apresenta uma área específica menor, portanto, uma menor área de contato entre o meio corrosivo e o metal; (b) o meio corrosivo em que se encontra o arame durante o armazenamento: a umidade, a presença de íons cloreto, a acidez e o teor de oxigênio do meio contribuem para a elevação da taxa de corrosão (5-6), e c) o comportamento dos óleos usados como proteção temporária contra a corrosão durante seu armazenamento (7-9).

No presente trabalho é apresentado um estudo do comportamento em corrosão de arames industriais através de medidas de perda de massa e de potencial em circuito aberto. É analisada a influência da rugosidade destes arames, do lubrificante usado no processo de trefilação e de dois óleos comerciais, em situações de armazenamento em ambientes altamente úmidos e contendo cloretos. Os arames em estudo são conhecidos comercialmente como *arames pólidos* e *arames artefatos*. Os *arames polidos* tem uma redução de área de 64% na trefilação, são isentos de contaminações e possuem excelente acabamento superficial pois são destinados posteriormente a processos de eletrodeposição como niquelação e cromeação. Os *arames artefatos* não requerem acabamento superficial sendo a redução de sua área de apenas 44% durante a trefilação.

Materiais e métodos

Arames artefatos e *arames polidos* de aço baixo carbono ABNT 1008, com diâmetro igual a 6mm e comprimento definido de 100mm; rugosímetro Taylor Robson; óleos protetivos "Tirreno" e "Rust Veto 908" (N^{o} CAS *64742-54-7* Óleo Mineral 87 – 92%); solução NaCl 1 g/L (marca Dinâmica p.a.); multímetro digital marca Minipa, modelo ET -2002; cronômetro (marca Technos Cronus) para controlar os tempos de medida; eletrodo de referência de prata/cloreto de prata saturado (marca Analyser); balança analítica Micronal 1050.

Para cada medida de perda de massa foram ensaiados 4 corpos de prova. As pesagens e as medidas de potencial foram realizadas com amostras distintas, após 1 dia, 2 dias, 3 dias, 7 dias, 14 dias e 21 dias de permanência em água da torneira (sem filtro) e em solução de NaCL. A camada de lubrificante foi retirada passando um algodão embebido em etanol. Os corpos de prova não foram lixados e nem polidos. Nos testes realizados para avaliar o efeito do óleo protetivo, cada arame foi imerso no óleo por cerca de 20 minutos, deixado repousar até o óleo parar de escorrer e em seguida imerso na água ou na solução de NaCl. Os resultados de perda de massa foram transformados em mpy e mm/y. Para melhor avaliar o desempenho dos óleos e do lubrificante, estes resultados foram agrupados para comparação da seguinte forma: *arames polidos* com e sem óleo e lubrificante; *arames artefatos* com e sem óleo e lubrificante; *arames polidos* e artefatos com e sem lubrificante; *arames polidos* e artefatos com e sem *óleo Rust Veto* e *óleo Tirreno*. Os resultados destes grupos são apresentados como segue: a taxa em mm/y do arame polido foi dividida pela taxa de corrosão do arame artefato e o resultado multiplicado por 100. Desta forma não é o valor absoluto de taxa de corrosão que se avalia, mas a % (relativa) de corrosão do arame polido em relação à % de corrosão do arame artefato.
Os ensaios de infravermelho (IV) foram realizados em um equipamento Perkin Elmer modelo Spectrum BX. As amostras na forma liquida foram analisadas utilizando-se janelas de KBr. A faixa de leitura foi de 4000 a 400cm^{-1}.
A área dos corpos de prova foi obtida por comparação com uma amostra de cada arame, de massa e área conhecida, considerada como padrão.

Resultados e discussões

Encruamento e rugosidade

Análises metalográficas realizadas na matéria-prima e nos *arames trefilados* evidenciam o encruamento do material. Os grãos são alongados e é possível observar que no arame polido que sofre redução de área de (64%) contra 44% do material artefato a deformação é maior (Figuras 1 e 2). Assim, os *arames polidos* apresentam um maior grau de encruamento e uma menor rugosidade. Esta observação foi confirmada pelos valores de rugosidade medidos. Os *arames polidos* ensaiados tiveram rugosidade medida igual a 0,88μm e os *arames artefatos* 1,20μm.

Ensaios em água comum

Nos ensaios de perda de massa realizados usando água comum com pH igual a 6,5 e condutividade igual a 207,9μScm^{-1}, a oxidação de ambos os arames surge inicialmente nas extremidades, onde se acumulam tensões residuais que favorecem a corrosão, e se alastra por toda a peça.

a) Efeito da rugosidade

Nos ensaios em água verifica-se que a perda de massa dos *arames artefatos* é superior à perda de massa dos *arames polidos*. Como o aço dos arames e as condições de ensaio são os mesmos, esta diferença é atribuida à rugosidade do material. O alto encruamento superficial favorece o *arame polido* que assim é menos corroído. Nos *arames artefatos*, a rugosidade favorece duplamente o ataque corrosivo, pois além dos arames estarem menos encruados há um aumento de área de contato com o meio agressivo.

b) Presença de lubrificante

No processo de trefilação são utilizados lubrificantes a base de estearato de sódio para ambos os arames, porém com diferente granulometria e teor de resíduo.

A massa de lubrificante residual foi determinada por pesagens dos corpos de prova antes e após limpeza com álcool. Os resultados são apresentados na figura 3. Verifica-se que a massa de lubrificante residual dos *arames artefatos* é 4 vezes maior que a massa encontrada nos *arames polidos*.

No caso dos *arames polidos*, usados na fabricação de aramados e de componentes da linha branca, a presença de lubrificante é indesejável uma vez que estes produtos industriais são submetidos a processos de eletrodeposição devendo suas superfícies estar isentas de qualquer tipo de sujidade. Assim além de serem usados lubrificantes com baixos teores de resíduos, a redução final para sua obtenção é feita utilizando somente água para minimizar os resíduos de lubrificante na sua superfície.

Ensaios de perda de massa realizados em água permitiram verificar que a perda de massa dos *arames artefatos*, que ainda têm na sua superfície resíduos de lubrificante do processo de trefilação, é um pouco inferior a perda de massa obtida com os corpos de prova isentos de lubrificante e óleos protetivos. O mesmo comportamento é observado com os *arames polidos* apesar de sua massa de lubrificante residual ser mínima.

Os resultados obtidos com os *arames artefatos* e *polidos* contendo lubrificante confirmam o seu efeito protetor. Há uma melhora de cerca 10% em relação à perda de massa dos arames isentos de qualquer proteção. A perda de massa dos *arames artefatos* com lubrificante é 88,1% (desvio padrão =1,8) da perda de massa destes mesmos arames quando isentos de lubrificante. Um comportamento semelhante é observado com os *arames polidos* (90,5% da perda de massa destes mesmos arames quando isentos de lubrificante e desvio padrão =2,5).

O desempenho dos *arames artefatos* com lubrificante é apenas ligeiramente melhor do desempenho dos *arames polidos* apesar de terem lubrificante numa proporção em massa de cerca 4:1 em relação aos *arames polidos*. Esta diferença pode ser atribuída a uma maior ancoragem do lubrificante de trefilação sobre os *arames artefatos* que tem maior rugosidade e, portanto uma melhor proteção.

Ensaios com óleos protetivos

O uso de óleos protetivos se faz necessário quando um material metálico é estocado por períodos curtos. Seu uso é bastante prático, pois são de fácil aplicação e fácil remoção. Os óleos que são utilizados na proteção de *arames polidos* e artefatos têm nome comercial Tirreno e Rust Veto DW 908. Ambos são óleos minerais sendo o Rust Veto DW 908 usado diluído com aguarrás (cerca de 30%).

Neste estudo comparou-se o desempenho destes óleos quando armazenados em ambientes úmidos e em ambientes úmidos contendo cloretos. Para este propósito os corpos de prova revestidos com óleo foram imersos em água simulando um ambiente com muita umidade e em uma solução de cloreto de sódio diluída (1 g/L) simulando um ambiente úmido contendo cloretos.

Paralelamente, verificou-se a possibilidade de interação entre os óleos testados e a solução contendo cloreto de sódio. Para este fim foram preparadas misturas de *óleo Tirreno* e *óleo Rust Veto* em solução de NaCl 1 g/L e foram obtidos espectros de absorção na região do infravermelho (IV). Observou-se que não houve miscibilidade entre óleo e solução de NaCl. O óleo, menos denso permaneceu na parte superior da mistura.

a) Espectroscopia de absorção na região do infravermelho (IV)

Os ensaios de IV foram realizados em um equipamento Perkin Elmer modelo Spectrum BX. As amostras na forma liquida foram analisadas utilizando-se janelas de KBr. A faixa de leitura foi e 4000 a 400cm^{-1}.

A Figura 4 apresenta os espectros do *óleo Rust Veto* e Rust Veto em solução (0,8g de óleo por 100mL de solução de NaCl 1 g/L). Observa-se uma variação, significativa, do perfil espectral do espectro do óleo em solução na região próxima a 1800cm^{-1}, esta banda de absorção é característica de grupos carbonila que são observados em substâncias orgânicas após serem submetidas a processos oxidativos, indicando portanto, a oxidação deste óleo nas condições estudadas. È conveniente ressaltar que não são observadas variações significativas

no restante do espectro, indicando desta forma que não ocorrem alterações nos demais grupos funcionais.

A figura 5 apresenta os espectros do *óleo Tirreno* e Tirreno em solução (0,8g de óleo por 100mL de solução de NaCl 1 g/L). Nos espectros desta figura não são observadas variações significativas nos perfis espectrais o que indica que não ocorre oxidação e nem ataques em quantidades apreciáveis à estrutura molecular deste óleo nas condições estudadas.

b) Ensaios em água

Na tabela 1 são apresentadas as taxas de corrosão em mpy dos *arames artefatos* e dos *arames polidos* em água.

No gráfico da figura 6 é feita uma comparação entre os *arames artefatos* isentos de óleo e lubrificante (1), os arames com lubrificantes (2), os arames em *óleo Rust Veto* (3) e em *óleo Tirreno* (4). Para esta comparação, tomaram-se os *arames artefatos* isentos de óleo e lubrificante como padrão de comparação isto é com taxa de corrosão considerada 100%. Assim, a taxa de corrosão dos arames com lubrificante cai para 88,1% isto é, o valor absoluto da taxa de corrosão dos arames contendo lubrificante é 88,1% do valor absoluto da taxa de corrosão dos arames isentos de lubrificante. O mesmo pode ser dito para os arames com *óleo Rust Veto* e com *óleo Tirreno* substituindo apenas 88,1% por 69,9% ou por 33%.

No gráfico da figura 7 é feita uma comparação entre os *arames polidos* isentos de óleo e lubrificante (1), os arames com lubrificantes (2), os arames com *óleo Rust Veto* (3) e com *óleo Tirreno* (4). Para esta comparação, tomaram-se os *arames polidos* isentos de óleo e lubrificante como padrão de comparação isto é com taxa de corrosão considerada 100%.

Uma análise dos gráficos mostra que o lubrificante contribui para a proteção dos arames, porém seu efeito é pequeno. Quanto aos dois óleos testados, sua proteção é importante, porém ambos são bem mais eficientes na proteção aos *arames polidos*. Por outro lado, a proteção conferida pelo *óleo Tirreno*, tanto com os *arames polidos* como artefatos, é superior à proteção pelo *óleo Rust Veto*. No caso dos *arames polidos*, os resultados sugerem um efeito protetor do óleo aliado a um alto encruamento. Em relação a diferenças observadas na proteção dos dois óleos, o *Rust Veto* sendo de mais baixa qualidade e diluído protege menos quando comparado ao *óleo Tirreno.*

c) Ensaios em solução 1 g/L de NaCl

Na tabela 2 são apresentadas as taxas de corrosão em mpy dos *arames artefatos* e dos *arames polidos* em solução 1 g/L de NaCl.

No gráfico da figura 8 é feita uma comparação entre os *arames artefatos* isentos de óleo e lubrificante (1), os arames com *óleo Rust Veto* (3) e com *óleo Tirreno* (4). Para esta comparação, tomaram-se os *arames artefatos* isentos de óleo e lubrificante como padrão de comparação isto é com taxa de corrosão considerada 100%. Assim, a taxa de corrosão dos arames com *óleo Rust Veto* isto é, o valor absoluto da taxa de corrosão dos arames protegidos com *óleo Rust Veto* é 46% do valor absoluto da taxa de corrosão dos arames isentos de lubrificante e óleo. O mesmo pode ser dito para os arames com *óleo Tirreno* substituindo apenas 46% por 36% .

No gráfico da figura 9 é feita uma comparação entre os *arames polidos* isentos de óleo e lubrificante (1), os arames com lubrificantes (3), os arames com *óleo Rust Veto* (4) e com *óleo Tirreno* (4). Para esta comparação, tomaram-se os *arames polidos* isentos de óleo e lubrificante como padrão de comparação isto é com taxa de corrosão considerada 100%.

Os resultados mostram que o ataque corrosivo é intenso e sem tanta diferença na proteção conferida por ambos os óleos se comparado aos resultados obtidos nos ensaios em água. Como de acordo com os espectros IV, o *óleo Rust Veto* se oxida quando a contato com os íons cloreto, este comportamento pode explicar a diminuição na taxa de corrosão dos arames quando revestidos com este óleo: a camada oxidada atua como se fosse mais uma barreira. A melhor proteção dos *arames artefatos* com este óleo se deve a alta rugosidade que favorece uma maior cobertura de óleo e consequentemente de óxidos.

Com o *óleo Tirreno* não há oxidação e havendo cloretos no ambiente, o processo corrosivo é intenso. Em ambos os arames, o cloreto deve difundir através do óleo atingindo a superfície metálica, aumentando sua corrosão. Os resultados sugerem que no meio salino, a agressividade do meio supera o efeito benéfico do encruamento.

Potenciais em circuito aberto em solução de NaCl 1 g/L

Os potenciais em circuito aberto foram medidos em relação ao eletrodo de prata/cloreto de prata saturado à temperatura ambiente. Os resultados são apresentados nos gráficos das figuras 10, 11,12 e 13.

Nas primeiras 24 horas, os potenciais em circuito aberto (figuras 10 e 11) tendem para valores mais negativos. Após este período praticamente não há variações. Não foram observadas grandes diferenças no comportamento dos arames com e sem a presença de lubrificante. A variação de potencial é ao redor de 300mV crescendo no sentido de valores mais negativos.

Do sétimo dia de imersão até o décimo quarto dia (figuras 12 e 13), os potenciais em circuito aberto dos *arames polidos* e artefatos revestidos com *óleo Rust Veto* e *Tirreno* tendem para valores menos negativos. Após este tempo, o valor é praticamente constante. Ambos os arames revestidos com *Rust Veto* apresentam potenciais menos negativos.
Este estudo continua em andamento.

Conclusões

Os resultados obtidos após imersão em água durante sete dias sugerem que a proteção conferida pelo lubrificante independe do tipo de arame, mesmo que nos *arames polidos* a quantidade de lubrificante é ¼ da quantidade encontrada nos *arames artefatos*. Verifica-se ainda que a taxa de corrosão na presença do lubrificante é inferior à taxa de corrosão na presença dos óleos protetivos. A taxa de corrosão dos *arames artefatos* com lubrificante é 1,5 vezes e 3,2 vezes a taxa de corrosão apresentada na presença de *óleo Rust Veto* e *óleo Tirreno* respectivamente. Com os *arames polidos* esta relação sobe para 2,7 e 6,0.

Os *arames polidos* têm perdas de massa menores em todas as situações. Os resultados obtidos sugerem que este comportamento é devido a sua baixa rugosidade e alto encruamento.

A proteção temporária conferida pelo recobrimento dos arames com óleo protetivo depende tanto do tipo de arame como do tipo de óleo usado, sendo esta proteção bem maior nos *arames polidos*.

Quanto aos óleos, o da marca Tirreno que contém menos resíduos é o mais eficiente sendo a perda de massa de corpos de prova revestidos com Tirreno cerca de 1/3 em relação à perda de massa do material não protegido. Este comportamento é verificado tanto em solução contendo 1 g/L de NaCl como em água.

Há variação, significativa, do perfil espectral do espectro do *óleo Rust Veto* em solução contendo NaCl, na região próxima a 1800cm^{-1}. Esta banda de absorção é característica de grupos carbonila observados em substâncias orgânicas após serem submetidas a processos oxidativos, indicando portanto, a oxidação deste óleo nas condições estudadas. Não há alterações nos demais grupos funcionais. O perfil espectral do *óleo Tirreno* não sofre alteração nas mesmas condições.

Em solução de NaCl, o meio é mais agressivo quando comparado ao meio simplesmente aquoso. Entretanto, em presença de cloretos, o efeito protetivo *óleo Rust Veto* aumenta. Este

comportamento é atribuído à oxidação sofrida pelo óleo que deve atuar como uma barreira protetora a mais. Em relação aos *arames polidos*, os *arames artefatos* apresentam uma melhor proteção. Esta oxidação não ocorre com o *óleo Tirreno*.

O potencial em circuito aberto tende para valores menos negativos nas primeiras 24 horas de imersão em solução de cloreto de sódio 1 g/L e praticamente independe do tipo de arame. O lubrificante não altera estes valores. Arames que tiveram sua superfície recoberta com *óleo Rust Veto* apresentam potenciais menos negativos quando comparados aos obtidos com os arames recobertos com *óleo Tirreno*.

Referências bibliográficas

(1) FUKUGAUCHI, C. H. **Análise da corrosão de aços baixo carbono conformados pelo processo de trefilação**. 2007. 74 p. Tcc (Graduação em Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, 2007.
(2) ASM - AMERICAN SOCIETY FOR METALS. **Metals handbook:** properties and selection: irons and steels. 8. ed. Ohio: Materials Park. 1978. v.1. 1 236 p.
(3) CHIAVERINI, V. **Aços e ferros fundidos.** 7. ed. São Paulo: ABM, 2002.
(4) GENTIL V. **Corrosão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
(5) PANOSSIAN, Z. **Corrosão e proteção contra a corrosão em equipamentos e estruturas metálicas.** São Paulo: IPT, 1993.
(6) MELCHERS, R. E. Effect on marine immersion corrosion of carbon content of low alloy steels Corrosion Science Volume 47, Issue 9, September 2005, p. 2199-2212.
(7) VAN MUYLDER, J. **Corrosion métallique a l'atmosphère.** In: LA CORROSION DES MÉTAUX DANS LA CONSTRUCTION. Paris : Eyrolles, 1976. p. 88-91.
(8) QINGDONG, Z. Potential variation of a temporarily protective oil coating before its degradation. Corrosion Science, Volume 43, Issue 2, February 2001, p. 317-324.
(9) QINGDONG Z., ROHWERDER M. and ZHANG Z. Study of lubricants and their effect on the anti-corrosion performance as temporarily protective oil coatings. Surface and Coatings Technology, Volume 185, Issues 2-3, July 2004, p. 234-239.

FIGURAS

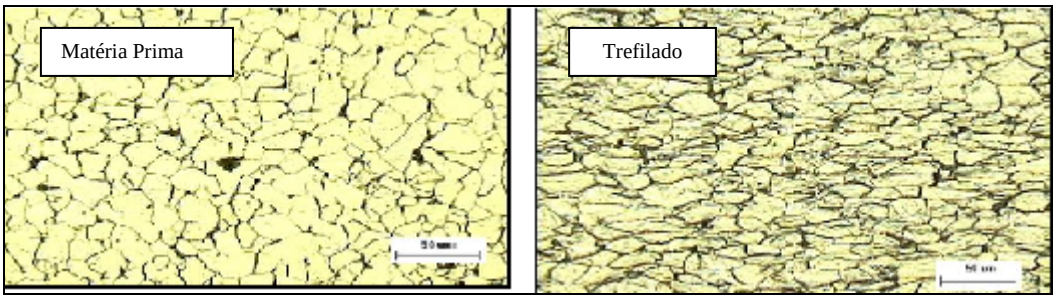

Figura 1 – Análise metalográfica de *arames artefatos* antes (matéria- prima com 8mm de diâmetro) e depois da redução para 6mm. LR: 37,6 kgf/mm^2

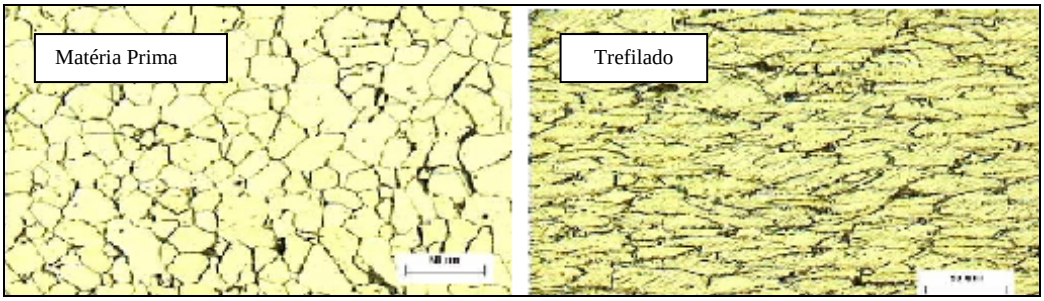

Figura 2 – Análise metalográfica de *arames polidos* antes (matéria- prima com 10mm de diâmetro) e depois da redução para 6mm. LR: 58,5 kgf/mm^2

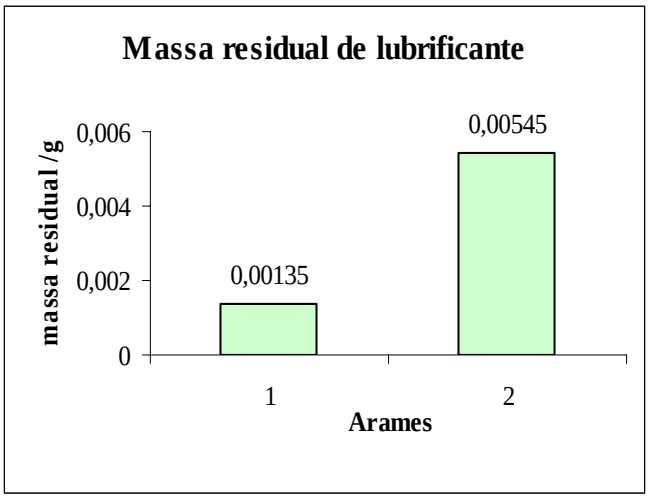

Figura 3 – Comparação entre as massas de lubrificante residual presente na superfície dos arames polidos e arames artefatos.
1 – *arames polidos* 2 – *arames artefatos*

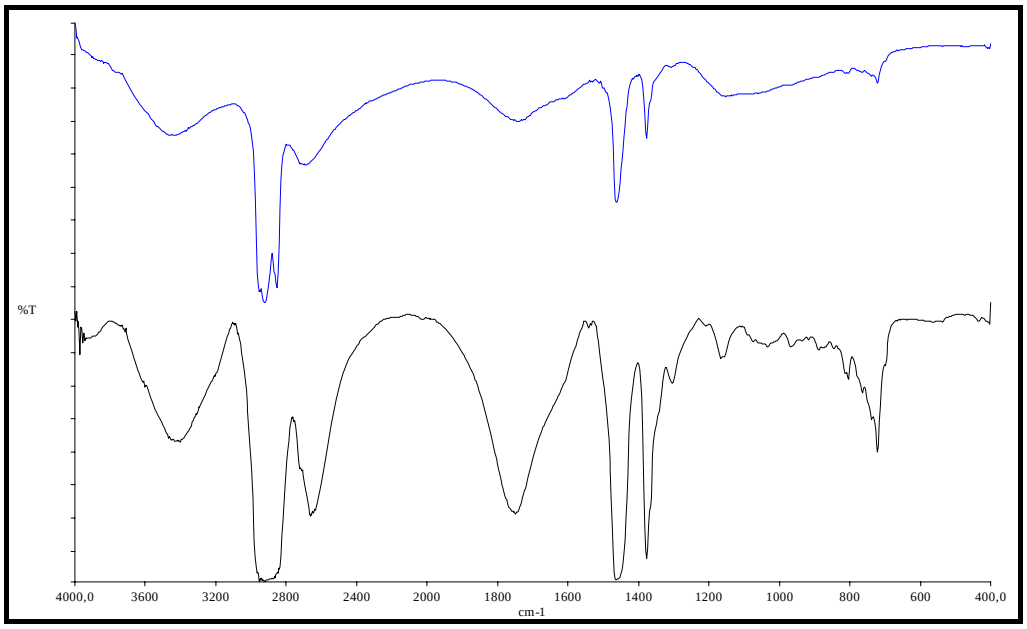

Figura 4 - Óleo mineral + querosene *(Rust Veto)* ; *Rust Veto* (solução de NaCl 1 g/L)

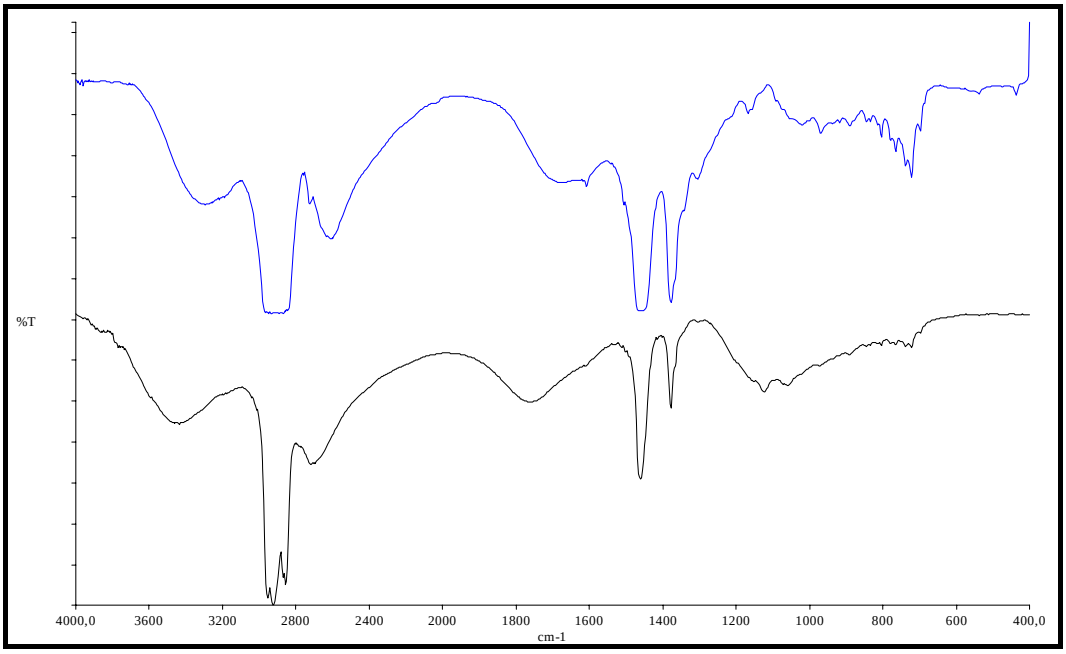

Figura 5 – Óleo mineral *Tirreno* *Tirreno*_(solução de NaCl 1 g/L)

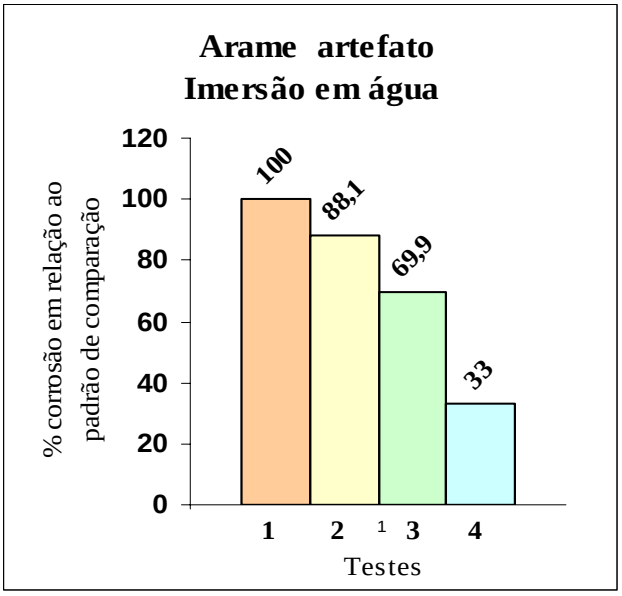

Figura 6 – Efeito da presença de lubrificante e *óleos Rust Veto e Tirreno* na corrosão de *arames artefatos*. Ensaio em água

1 – Padrão de comparação: *arames artefatos* isentos de óleo e lubrificante, com perda de massa considerada 100%.
2 – *Arames artefatos*, com lubrificante e isentos de óleo: % perda de massa, em relação ao padrão de comparação.
3 – *Arames artefatos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Rust Veto"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.
4 – *Arames artefatos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Tirreno"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.

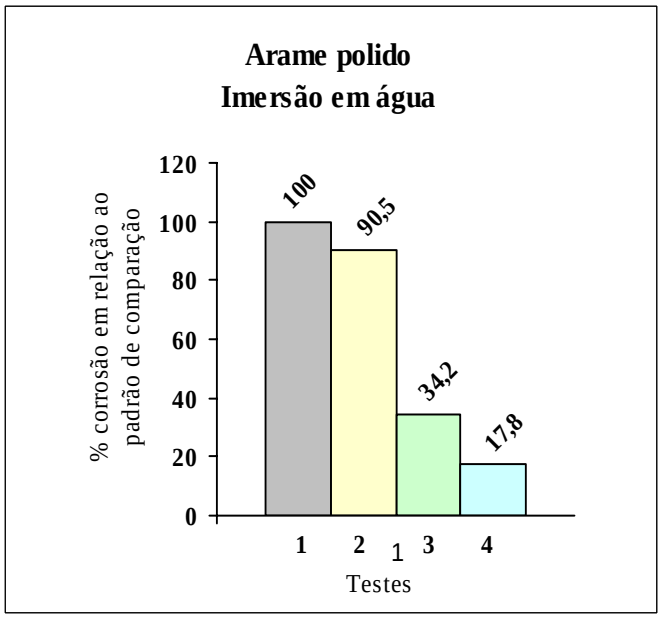

Figura 7 – Efeito da presença de lubrificante e *óleos Rust Veto e Tirreno* na corrosão de *arames polidos*. Ensaio em água

1 – Padrão de comparação: *arames polidos* isentos de óleo e lubrificante, com perda de massa considerada 100%.
2 – *Arames polidos*, com lubrificante e isentos de óleo: % perda de massa, em relação ao padrão de comparação.
3 – *Arames polidos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Rust Veto":* % perda de massa em relação ao padrão de comparação.
4 – *Arames polidos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Tirreno"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.

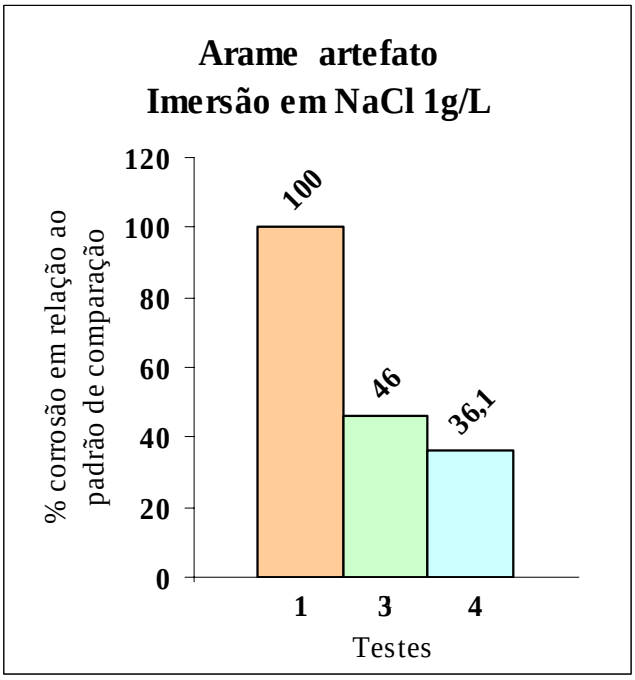

Figura 8 – Efeito da presença de *óleos Rust Veto e Tirreno* na corrosão de *arames artefatos*. Ensaio em solução de NaCl 1 g/L

1 – Padrão de comparação: arames *artefatos* isentos de óleo e lubrificante, com perda de massa considerada 100%.
3 – *Arames artefatos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Rust Veto"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.
4 – *Arames artefatos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Tirreno"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.

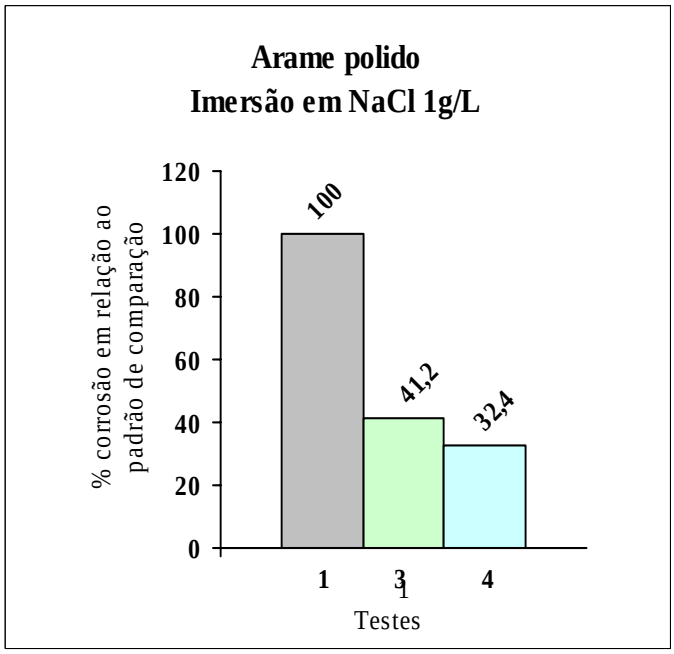

Figura 9 – Efeito da presença de *óleos Rust Veto e Tirreno* na corrosão de *arames polidos*. Ensaio em NaCl 1 g/L

1 – Padrão de comparação: *arames polidos* isentos de óleo e lubrificante, com perda de massa considerada 100%.
3 – *Arames polidos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Rust Veto"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.
4 – *Arames polidos*, isentos de lubrificante e com *óleo "Tirreno"*: % perda de massa em relação ao padrão de comparação.

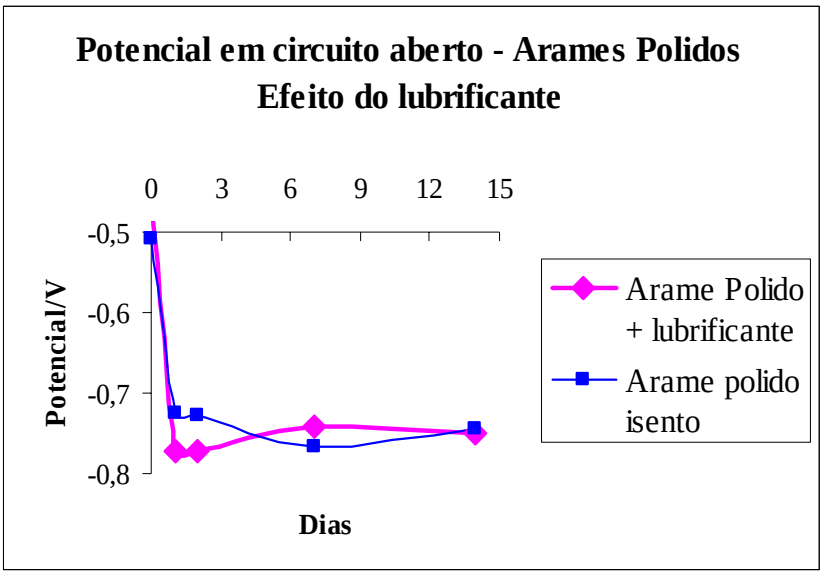

Figura 10 – *Arames polidos* isentos de óleo e de lubrificante: medidas de potencial em circuito aberto

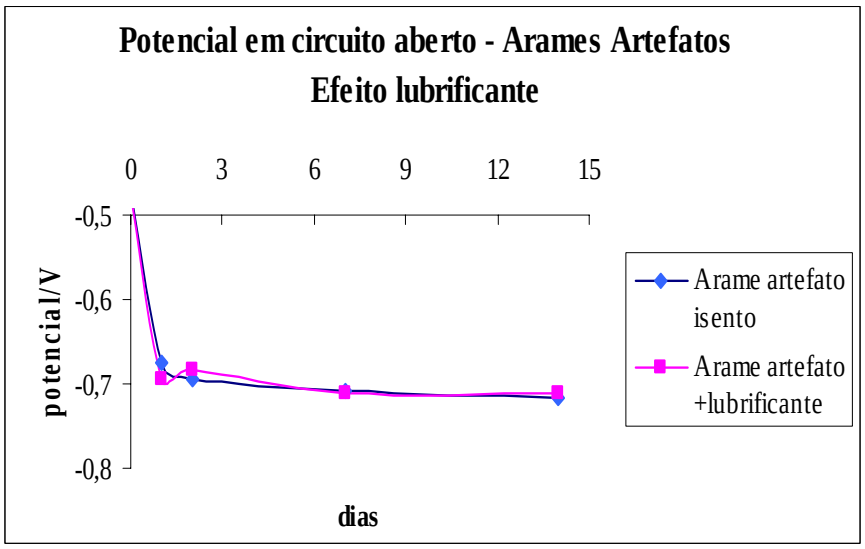

Figura 11 - *Arames polidos* isentos de óleo e com lubrificante: medidas de potencial em circuito aberto

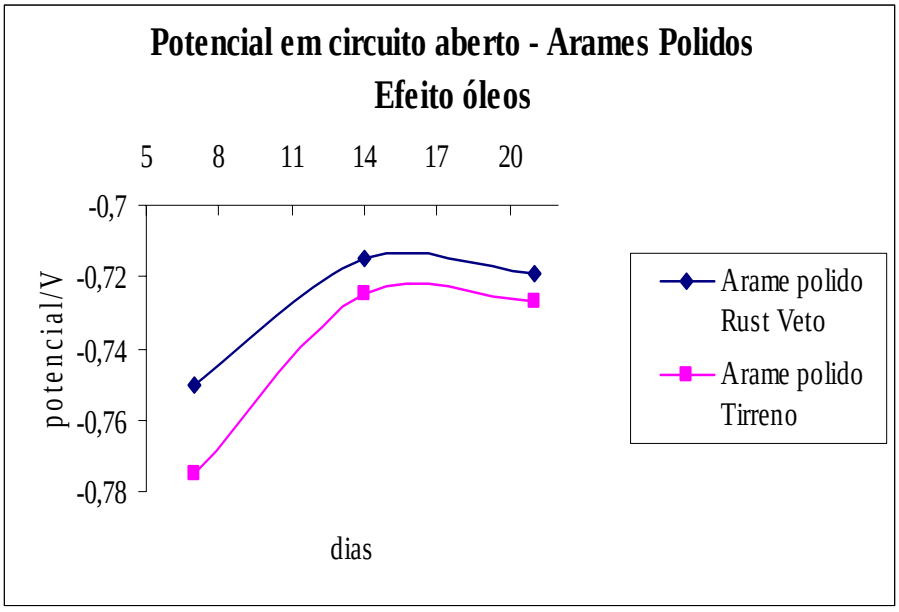

Figura 12 – *Arames polidos* com óleo: medidas de potencial em circuito aberto

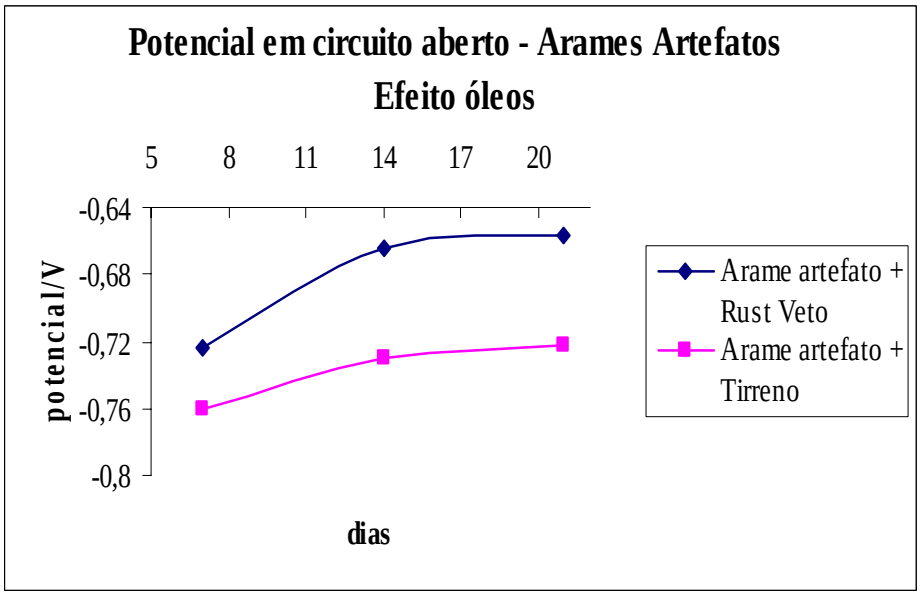

Figura 13 – *Arames artefatos* com óleo: medidas de potencial em circuito aberto

TABELAS

Tabela 1 – Valores de perda de massa em mpy – ensaios em água

MPY *Artefato* isento de lubrificante	MPY *polido* isento de lubrificante	MPY *Artefato* com lubrificante	MPY *Polido* com lubrificante	MPY *artefato* com óleo protetivo *"Rust Veto"*	MPY *polido* com óleo protetivo *"Rust Veto"*	MPY *artefato* com óleo protetivo *"Tirreno"*	MPY *Polido* com óleo protetivo *"Tirreno"*
2,193033	1,535363	1,928284	1,391201	1,347065	0,518519	0,605947	0,23376
0,402143	0,220385	0,322484	0,212672	0,165586	0,028195	0,143226	0,05936

Tabela 2 – Valores de perda de massa em mpy – ensaios em NaCl 1 g/L

	MPY *artefato* isento de lubrificante	MPY *Polido* isento de lubrificante	MPY *Artefato* com óleo protetivo *"Rust Veto"*	MPY *Artefato* com óleo protetivo *"Tirreno"*	MPY *Polido* com óleo protetivo *"Rust Veto"*	MPY *Polido* com óleo protetivo *"Tirreno"*
Média	4,130986	3,285113	1,958531	1,533103	1,362342	1,063254
Desvio padrão	0,551047	0,310527	0,876567	0,618899	0,469192	0,30793