

ESTUDO DA CORROSÃO DO Al RECICLADO DA INDÚSTRIA DE BEBIDAS

T. SILVA¹, D. MIRANDA¹, G. ALVES³, O.L ROCHA², J.C. CARDOSO FILHO¹

¹ Universidade Federal do Pará/ Laboratório de Corrosão

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará

E-mail para contato: jc@ufpa.br

RESUMO – O estado do Pará é detentor da grande parte das reservas brasileiras de bauxita, onde o ciclo completo do alumínio é realizado. Estima-se que aproximadamente 75% de todo o alumínio em uso atualmente é produto da reciclagem. Foi investigada a taxa de corrosão do alumínio obtido a partir da fundição de embalagens de bebidas da indústria de alimentos (AIE) e do alumínio comercialmente puro (AIP). A caracterização química de ambas as ligas metálicas foi realizada. Ensaio de perda de massa e eletroquímicos de medidas de potencial de corrosão e polarização eletroquímicas foram obtidos em meio de HCl (0,2 mol.L⁻¹), na temperatura de 25°C. O alumínio reciclado (AIE) apresentou uma maior resistência à corrosão quando comparado com o metal comercialmente puro (AIP), no entanto, não foram observadas mudanças no tempo de quebra da camada de passivação de Al₂O₃.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o alumínio é o metal não ferroso mais utilizado pela engenharia, devido apresentar excelentes propriedades como baixa densidade e resistência à corrosão combinadas com a durabilidade, potencial de reciclagem, além de grande disponibilidade de matéria prima para sua produção (MOKADDEM et al, 2010). Devido as suas propriedades físico-químicas e mecânicas, este metal atende aos principais segmentos econômicos como transportes, construção civil, embalagens; bem como as indústrias de siderúrgica, química, além de máquinas, estruturas e equipamentos utilizados em diversos setores (MARTINS, 2005).

A resistência à corrosão do alumínio e as suas ligas metálicas advém da formação de uma película protetora de pequena espessura, formada pela reação do metal com o oxigênio presente no ambiente, esta camada de óxido de alumínio (Al₂O₃) atua na proteção no metal, tornando sua superfície mais estável ao meio corrosivo, este fenômeno é chamado de passivação de metais (SANTOS, 2012). Este óxido é estável em pH na faixa de 4 à 9, porém na presença do íon cloreto pode ocorrer a quebra na película de passivação (REBOUL e BAROUX, 2011)

Apesar das excelentes propriedades do Al, sabe-se que aproximadamente 75% de todo alumínio utilizado na indústria é proveniente da reciclagem. Por essa razão, modificações em

propriedades como mecânicas, formabilidade, soldabilidade e corrosão dentre outras, são observadas nas ligas metálicas de alumínio provenientes da reciclagem (LI *et al* , 2004; VARGEL, 2004). A alteração no processo de corrosão nos diferentes materiais metálicos de alumínio é uma propriedade relevante que será estudada neste trabalho, já que as consequências deste processo podem gerar danos econômicos e humanos.

O objetivo deste trabalho é determinar a taxa de corrosão de amostra de alumínio comercialmente puro em meio ácido de HCl e comparar com a corrosão de um corpo de prova de alumínio, obtido a partir da fundição de embalagens de bebidas da indústria de alimentos. Ensaio de perda de massa e eletroquímicos foram realizados para ambos os metais em meio ácido ($\text{HCl} - 0,2 \text{ mol.l}^{-1}$) e a temperatura ambiente. Foram confrontados os comportamentos no que diz respeito à resistência desses materiais metálicos à corrosão.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Local do Experimento

As atividades de pesquisa foram realizadas no Laboratório de Corrosão (LC) da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal do Pará (UFPA).

2.2. Corpos de Prova

O corpo de prova de Al comercialmente puro (AIP) foi fornecido pelo Laboratório de Engenharia Mecânica da UFPA (GPEMAT), enquanto que o corpo de prova de alumínio obtido a partir da fundição de embalagens de bebidas da indústria de alimentos (AIE), foi fornecido pelo Laboratório de Engenharia de Materiais e Metalurgia do IFPA. Os corpos de prova AIP e AIE possuíam as dimensões de 25,0 X 13,0 X 2,0 mm.

A Tabela 1 mostra a composição química dos corpos de prova de alumínio comercialmente puro (AIP) e de alumínio obtido a partir de embalagens da indústria de bebidas (AIE).

Tabela 1 – Composição química dos corpos de prova

	Elemento (% em massa)					
	Si	Mn	Mg	Fe	Cu	Al
AIP	0,0603	0,0017	0,0014	0,1809	0,0002	99,755
AIE	0,3640	0,9690	3,5700	0,5450	0,2050	94,347

2.3. Ensaios de Perda de Massa

O método foi realizado através da quantificação de gás hidrogênio liberado durante a exposição do alumínio ao ácido clorídrico. Cada teste de perda de massa teve a duração de 60 minutos, durante os quais o corpo de prova permaneceu totalmente imerso no meio ácido.

Para os ensaios de perda de massa as superfícies dos corpos de prova foram desbastadas com o auxílio de lixas de mesh #100, #240, #320 e #600, com a finalidade da remoção de defeitos de superfícies do material. Em seguida o corpo de prova foi perfurado na parte superior permitindo assim que este fosse preso a um fio de teflon conforme mostra a Figura 1.

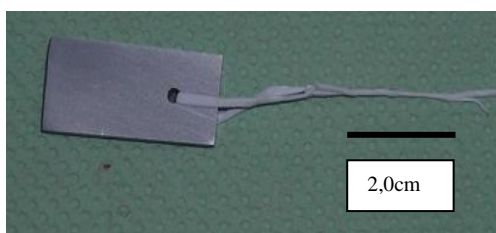


Figura 1 - Corpo de prova AIE após a realização do ensaio em meio de HCl 0,2 mol.L⁻¹.

O sistema utilizado no ensaio de perda de massa consiste em um balão de fundo chato de 250 mL contendo uma solução de ácido clorídrico 0,2 mol.L⁻¹ à temperatura de 25°C acoplado a um manômetro como é mostrado na Figura 2.



Figura 2- Sistema para ensaio de perda de massa.

2.4. Potencial de Corrosão e Polarização Eletroquímica

Para os testes eletroquímicos, o eletrodo de trabalho foi preparado pela fixação da lamina de alumínio a um fio de cobre por meio de soldagem, seguido da inserção do fio de cobre em capilar de vidro, para evitar o contato direto com o ácido. O conjunto foi então embutido em resina polimérica em uma forma plástica circular de modo a deixar livre de resina uma das faces do metal, permitindo o contato direto com a solução. Os eletrodos de

trabalho, contra eletrodo (Pt) e referência de cloromelano saturado (ECS) foram conectados ao Potenciostato/Galvanostato da Gamry Instruments.

As análises eletroquímicas foram realizadas através de um sistema constituído de uma cuba cilíndrica de vidro (500 mL). O eletrólito de HCl ($0,2 \text{ mol. L}^{-1}$) foi utilizado à temperatura de 25°C .

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Ensaios de Perda de Massa

O gráfico da Figura 3 correspondente à cinética de corrosão do alumínio comercialmente puro (AIP) e do alumínio obtido a partir da fundição de embalagens (AIE) e mostra que a evolução de H_2 , em ambos corpos de prova, ocorre aproximadamente 10 minutos após o início do ensaio. Para o AIP um crescimento próximo ao linear é observado até o final do experimento. Já a taxa de evolução do H_2 referente ao corpo de prova do AIE apresenta um comportamento exponencial.

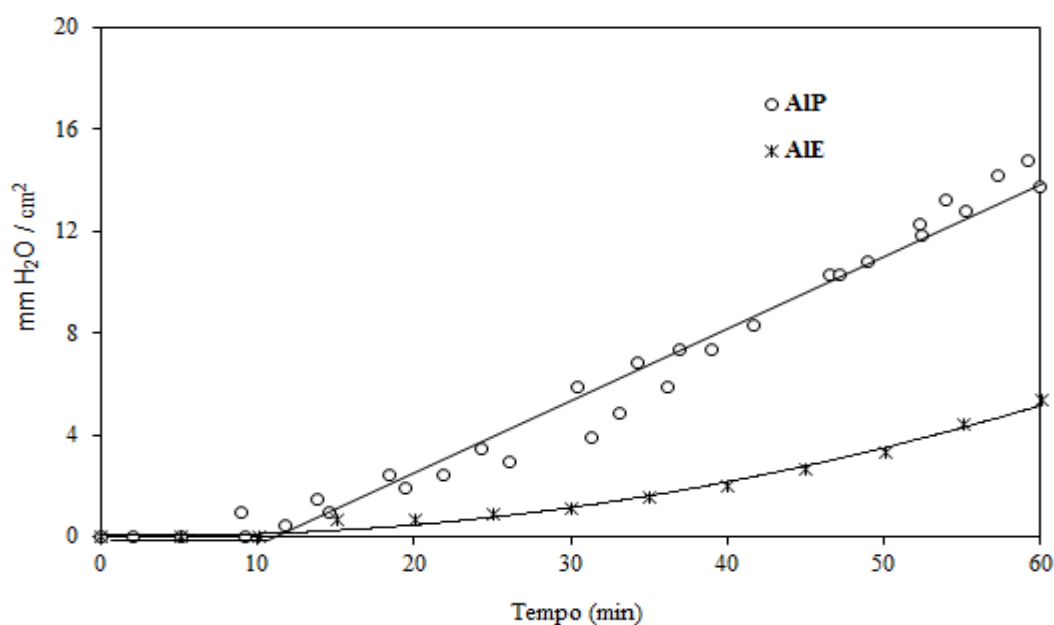


Figura 3 - Ensaio de perda de massa para os corpos de prova AIP e AIE
em HCl $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ e 25°C .

A camada de alumina (Al_2O_3), denominada como camada passivadora, presente na superfície de ambos os corpos de prova é a responsável pela não evolução de H_2 nos primeiros 10 minutos de ensaio, indicando que as diferentes composições químicas (Tabela 1) dos corpos de prova não influenciaram na “quebra” da camada passivadora de alumínio. A partir da quebra dessa camada, observa-se na Figura 3 que o corpo de prova AIE apresentou uma evolução de H_2 aproximadamente três vezes menor quando comparada com o corpo de

prova AIP. Esse fato indica que o alumínio reciclado (AIE) apresentou uma maior resistência à corrosão no meio ácido investigado.

3.2. Potencial de Corrosão

A Figura 4 apresenta as curvas do potencial de corrosão do alumínio comercialmente puro (AIP) e do alumínio de embalagens recicladas (AIE).

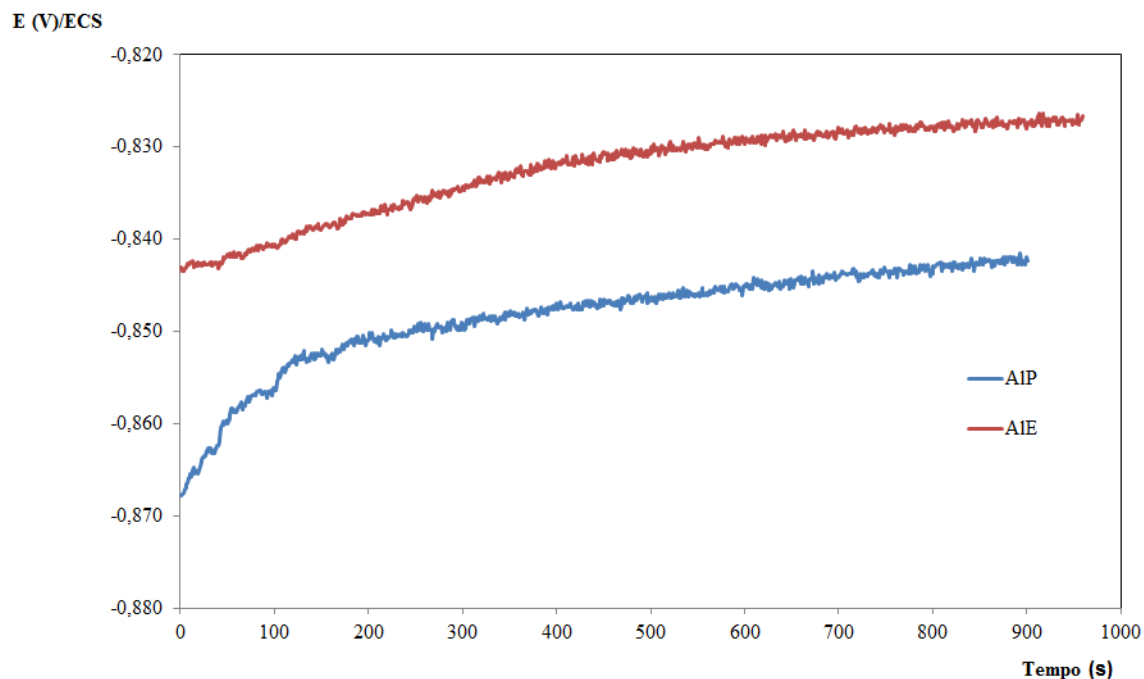


Figura 4 – Potencial de corrosão do corpo de prova AIP e AIE em HCl 0,2 mol.L⁻¹ e 25°C.

O potencial de corrosão varia com o tempo de uma forma semelhante para os corpos de prova AIP e AIE. Em ambas as curvas são observadas o aumento do potencial no início do ensaio e uma tendência de estabilização de nos potenciais de $E_{\text{CORR-AIP}} \cong -840 \text{ mV / ECS}$, $E_{\text{CORR-AIE}} \cong -825 \text{ mV / ECS}$. O processo de quebra e reconstituição da camada passivadora de Al_2O_3 em meio de cloreto é observado em toda a extensão de ambas as curvas.

3.3. Polarização

As curvas de polarização anódicas e catódicas que foram obtidas em meio de HCl são apresentadas na figura 5, para o AIP e AIE .

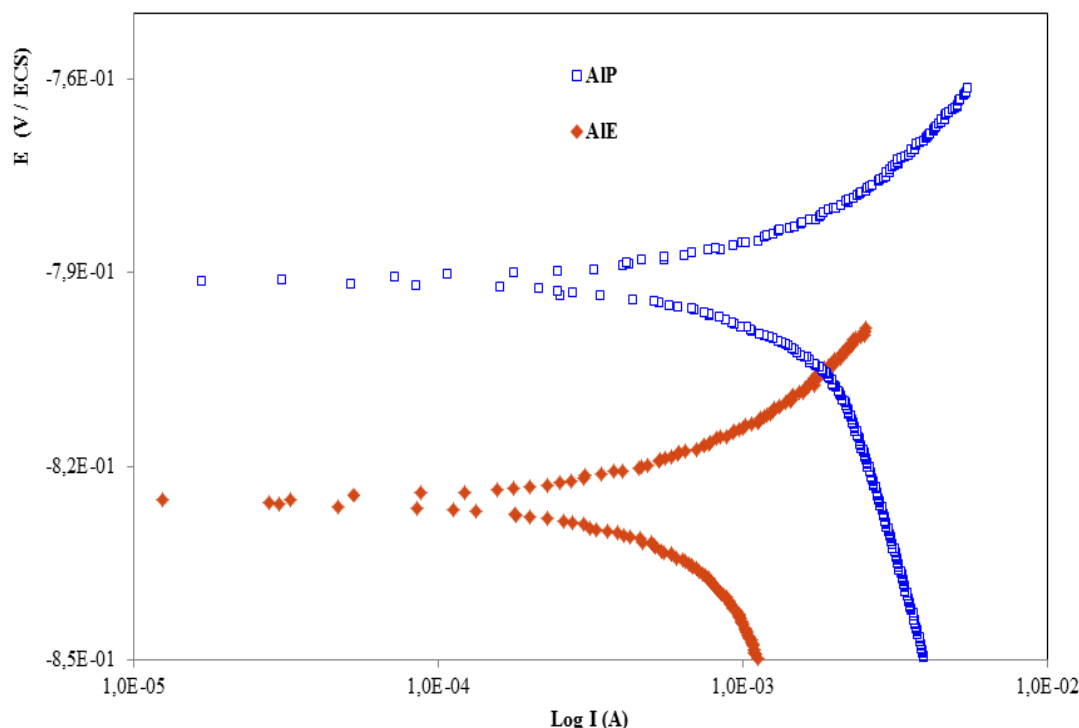
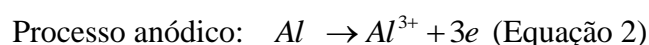
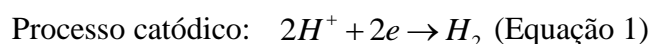


Figura 5 – Curvas de polarização dos corpos de prova AIP e AIE em HCl 0,2 mol.L⁻¹ e 25°C.

O processo eletroquímico do Al em meio ácido pode ser representado da seguinte maneira:



As curvas de polarização referentes à Figura 5, apresentam a mesma forma, indicando que o mecanismo reacional (equações 1 e 2) é o mesmo para ambos os corpos de prova avaliados. A extrapolação de Tafel, nas regiões das curvas próximas ao potencial de corrosão para o AIP (-0,790V/ECS) e AIE (-0,820V/ECS), mostra que a corrente de corrosão do AIP é 0,54 mA, enquanto o mesmo parâmetro é 0,186 mA para o AIE. A comparação desses resultados mostra que o processo de corrosão do alumínio proveniente das embalagens de alumínio (AIE) é inferior ao Al comercialmente puro AIP.

4. CONCLUSÃO

Os resultados do ensaio de perda de massa mostraram que o processo de corrosão para o alumínio reciclado (AIE) é inferior ao alumínio comercialmente puro (AIP). A quebra da camada passivadora acontece no mesmo intervalo de tempo (10 min.) para ambos os materiais.

O potencial de corrosão do AlP é deslocado de 15 mV para região anódica em relação ao potencial de corrosão do AlE. Observou-se que o comportamento do potencial de corrosão é similar em ambos os materiais metálicos.

As curvas de polarização mostram que o mecanismo reacional é o mesmo para os metais AlP e AlE e as correntes de corrosão são 0,54 mA (AlP) e 0,186 mA (AlE). Esse resultado está de acordo com o de perda de massa e mostra que o corpo de prova do alumínio reciclado apresenta uma menor velocidade de corrosão, quando comparada com o alumínio comercialmente puro.

5. REFERÊNCIAS

MARTINS, J. P. Evolução da microestrutura e da textura durante o processamento de chapas da liga Al-Mn-Fe-Si (3003) produzidas por lingotamento contínuo: um estudo comparativo com o processo semi-contínuo. 2005. 203f. *Tese (Doutorado em Engenharia)* - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

MOKADDEM, M.; VOLOVITCH, P.; RECHOU, F.; OLTRA, R.; OGLE, K. The anodic and cathodic dissolution of Al and Al-Cu-Mg alloy. *Electrochimica Acta*, v. 55, n.11, p. 3779-3786, 2010.

SANTOS, L.; FERNANDES, L.; CARDOSO FILHO J.C. Estudo eletroquímico de ligas metálicas alumínio-silício em meio ácido. *V Congresso Internacional do Alumínio*. São Paulo, 2012.

REBOUL, M. C.; BAROUX, B. Metallurgical aspects of corrosion resistance of aluminium alloys. *Materials and Corrosion*, v. 62, n.3, p.215-233, 2011.

VARGEL, C. Corrosion of Aluminium. Oxford: Elsevier, 2004.