

Copyright 2014, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2014, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2014.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

### **Metodologia para controle de qualidade de peças de latão e zamac banhadas em ouro**

José Antonio da C. P. Gomes<sup>a</sup>, Adriana B. da Silva<sup>b</sup>, Márcia Fosco<sup>c</sup>, Jorge Fosco<sup>c</sup>, Gaetano Vaccariello<sup>c</sup>, Paulo Borges<sup>c</sup>

#### **Abstract**

The evaluation of corrosion resistance of metal parts in the environment in which they are employed is crucial for its proper utilization and quality control in the production of the metal coatings applied. The development of procedures for monitoring the corrosion resistance becomes necessary. The objective of the proposed study was to apply the potential open circuit of zamac and brass parts as a technique for quality control of the production of metal parts produced by Cobra Bijouterias Company. Samples at different stages of production of two coated metal products, zamac and brass alloys were collected. Manufacturing steps include physical processes of initial melting, surface processes and electrochemical processes that aim to obtain layers of superimposed metal coating until reaching the final layer of gold. The coating process consists of the plating of copper, nickel and gold on the base material. Measures the open circuit potential of the parts in a 0.5 mol L<sup>-1</sup> NaCl solution enabled monitor the uniformity of the coating due to the changes of the potential in relation to the coating and the immersion time.

**Keywords:** corrosion, protection, coating, plating, quality control, brass, zamac, gold.

#### **Resumo**

A avaliação da resistência à corrosão de peças metálicas no ambiente em que estas serão empregadas é de fundamental importância para sua utilização adequada e para o controle de qualidade na produção dos revestimentos metálicos aplicados. Neste sentido, o desenvolvimento de procedimentos para o monitoramento da corrosão torna-se necessário. O objetivo do trabalho proposto foi a avaliação do potencial a circuito aberto de peças de ligas zamac e latão como técnica de controle de qualidade da produção dos revestimentos metálicos das peças produzidas pela Cobra Bijouterias. Foram coletadas amostras em diferentes etapas de produção de dois produtos metálicos revestidos, as ligas zamac e latão. As etapas de fabricação compreendem processos físicos de fusão inicial e acabamento de superfície e de processos eletroquímicos que visam à obtenção de camadas de revestimento metálico superpostas até se chegar à camada final de ouro. O processo de revestimento é constituído pela eletrodeposição de cobre, níquel e ouro sobre o material base. As medidas de potencial a circuito aberto das peças em solução de NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> permitiram monitorar a uniformidade do revestimento em virtude das alterações do potencial em relação ao recobrimento e ao tempo de imersão.

<sup>a</sup> DSc, Engenheiro Mecânico – Engenharia Metalúrgica e de Materiais – COPPE/ UFRJ

<sup>b</sup> DSc, Química – Engenharia Metalúrgica e de Materiais – COPPE/ UFRJ

<sup>c</sup> Cobra Bijouterias

---

**Palavras-chave:** corrosão, proteção, revestimento, eletrodeposição, controle de qualidade, latão, zamac, ouro.

## Introdução

---

A avaliação da resistência à corrosão de peças metálicas no ambiente em que estas serão empregadas é de fundamental importância para sua utilização adequada e para o controle de qualidade na produção dos revestimentos metálicos aplicados. Neste sentido, o desenvolvimento de procedimentos adequados para o monitoramento da corrosão torna-se necessário. Neste trabalho foi realizado um estudo para o desenvolvimento de metodologia para testes de resistência a corrosão para as peças metálicas produzidas pela Cobra Bijouterias a ser empregada como procedimento de rotina para controle de qualidade de seus produtos.

Foram coletadas amostras em diferentes etapas de produção de dois produtos metálicos revestidos, partindo de substratos diferentes, a saber, ligas zamac e latão. As etapas de fabricação compreendem processos físicos e eletroquímicos. Os processos físicos são constituídos por processos de fusão inicial e de acabamento de superfícies. Os processos químicos e eletroquímicos visam à obtenção de camadas de revestimento metálico superpostas, até se chegar à camada final de ouro.

## Metodologia

---

O método proposto para controle e avaliação das diferentes etapas de produção do zamac e do latão revestidos com ouro se baseia em medições de potenciais de eletrodo dos materiais após cada etapa do processo de revestimento. Essa medida é de razoável simplicidade e pode ser realizada utilizando-se uma célula eletroquímica convencional. É baseada no fato de que o processo de corrosão em água do mar é de natureza eletroquímica, estando associado a um potencial de eletrodo assumido pelo metal quando em presença desse meio. Sabe-se que diferentes materiais metálicos apresentam diferentes potenciais de eletrodo – ou potenciais de corrosão – quando imersos em um mesmo meio – nesse caso, uma solução salina similar à água do mar. Materiais mais resistentes à corrosão apresentam valores de potencial mais elevado, segundo aplicação empírica do conceito da tabela de potenciais de eletrodo em água do mar (1).

Foram realizados ensaios de medida de potencial a circuito aberto (ECA) das peças de latão e zamac de cada etapa de produção, isto é, amostras do material base (sem recobrimento) e amostras com cobre, níquel e ouro eletrodepositados, em solução de NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>. A escolha da solução teste como solução de NaCl em substituição a água do mar sintética foi baseada na complexidade de preparo da solução normalizada e adequação para aplicação como metodologia de controle das peças durante a produção. Todos os potenciais medidos são referenciados ao eletrodo de calomelano saturado. Avaliação do potencial de uma amostra de ouro puro foi também realizado como controle da deposição final.

Na primeira etapa de ensaios foram realizadas medidas do potencial das amostras fornecidas de latão e zamac de cada etapa da produção segundo sequência de produção por pelo menos 30 minutos até que o mesmo estabilizasse. Após estas análises amostras de peças com recobrimento de ouro foram expostas a solução a teste por 24 horas para observação da uniformidade do recobrimento. A presença de um filme de ouro sem falhas em toda a peça permitirá a estabilidade do potencial.

As amostras utilizadas foram coletadas de diferentes etapas do processo de produção como mostrado na Figura 1, onde são apresentados os fluxogramas da produção de peças de zamac e latão, respectivamente.

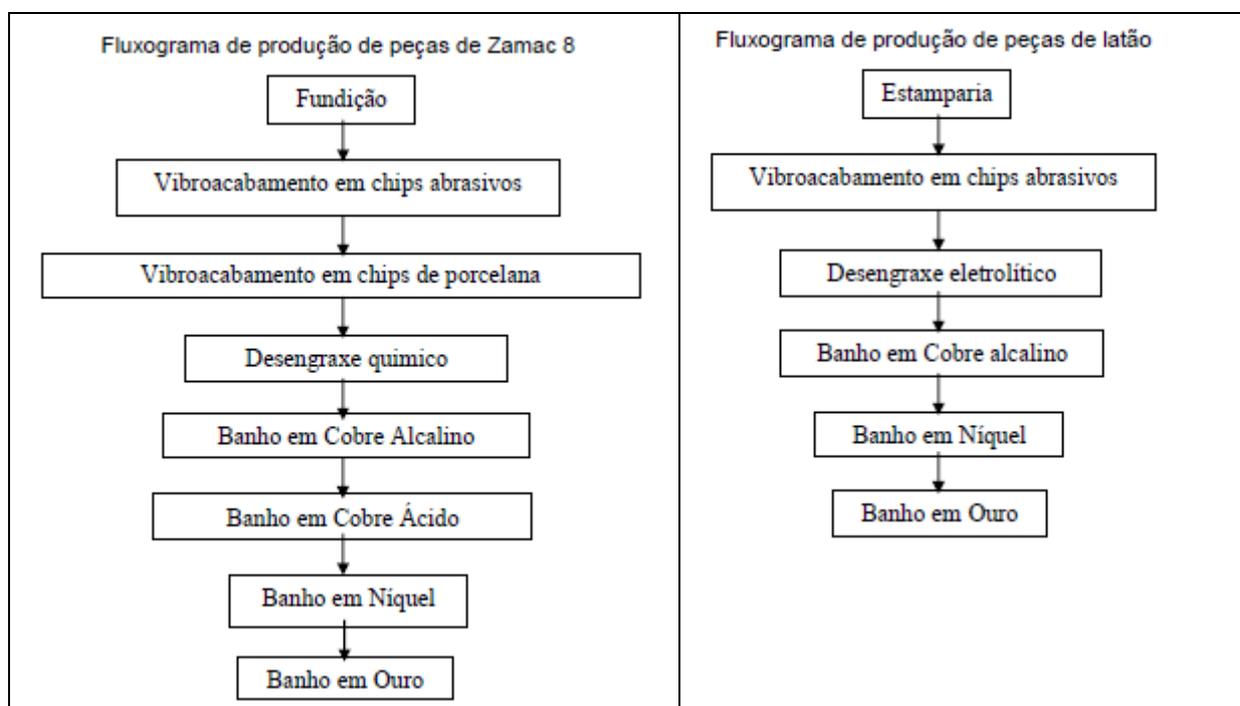


Figura 1- Fluxograma de produção das peças de Zamac e latão.

## Resultados e discussão

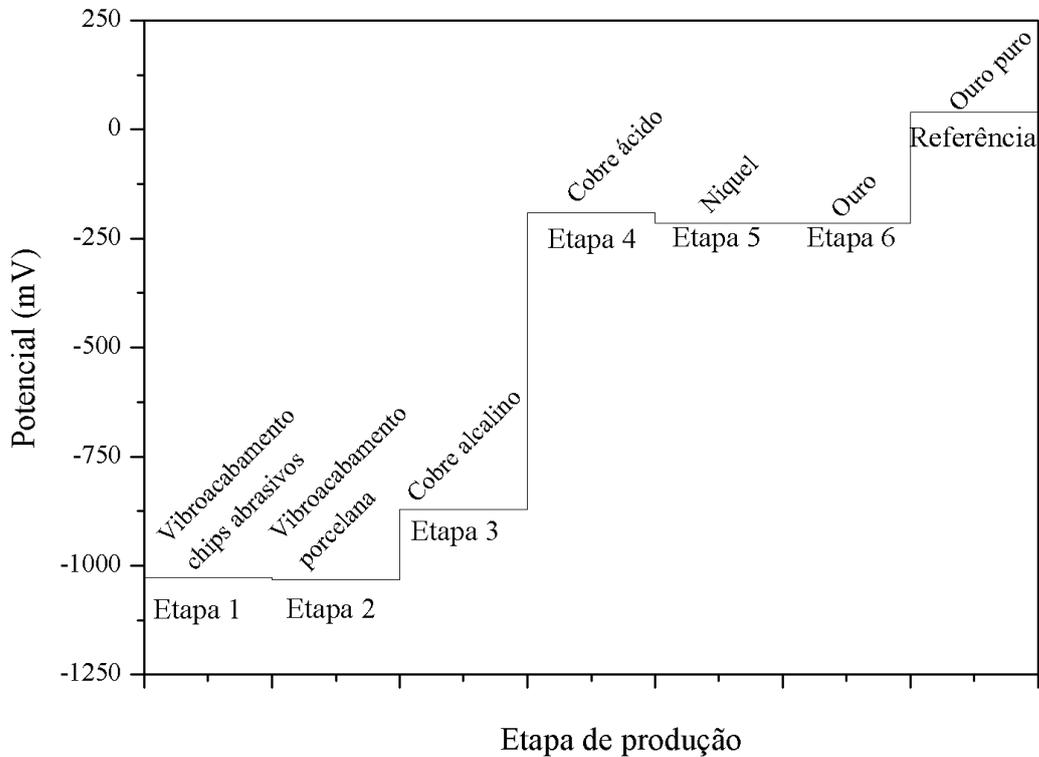
### Amostras de Zamac

Os potenciais de eletrodo medidos para as peças de Zamac após cada etapa da produção são mostrados na Tabela 1.

Tabela 1- Potencial a circuito aberto de peças de Zamac em NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>

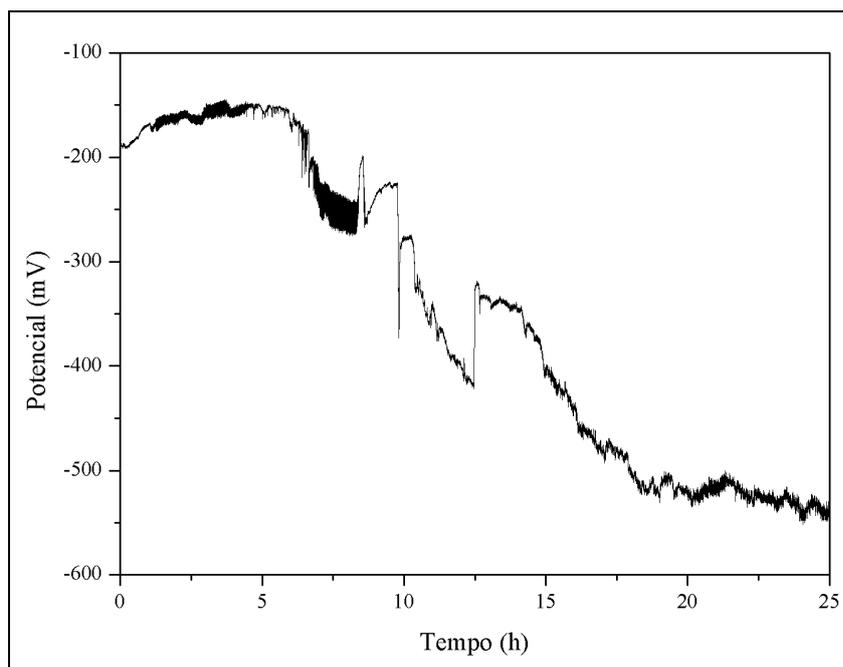
Etapa de produção		Potencial (mV <sub>ECS</sub> )
Processos Físicos	Fundição e vibroacabamento chips abrasivos	-1028
	Vibroacabamento chips porcelana	-1032
Processos Eletroquímicos	Cobre alcalino	-872
	Cobre ácido	-191
	Níquel	-215
	Ouro	-215

Estes dados são também apresentados na Figura 2 e mostram a evolução do potencial das peças para potenciais mais nobres com a eletrodeposição dos metais cobre, níquel e ouro sobre a base de zamac. Além disso, pode ser observada uma diferença entre o potencial da peça com recobrimento em ouro e o ouro puro utilizado como referência, -215 e 39 mV, respectivamente.



**Figura 2- Potencial de peças de zamac após cada etapa de produção.**

Foi também realizado o monitoramento do potencial em relação ao tempo de imersão de uma peça de Zamac com recobrimento final de ouro. A variação do potencial de peça Zamac por um tempo de imersão de 24 h pode ser observada na Figura 3.

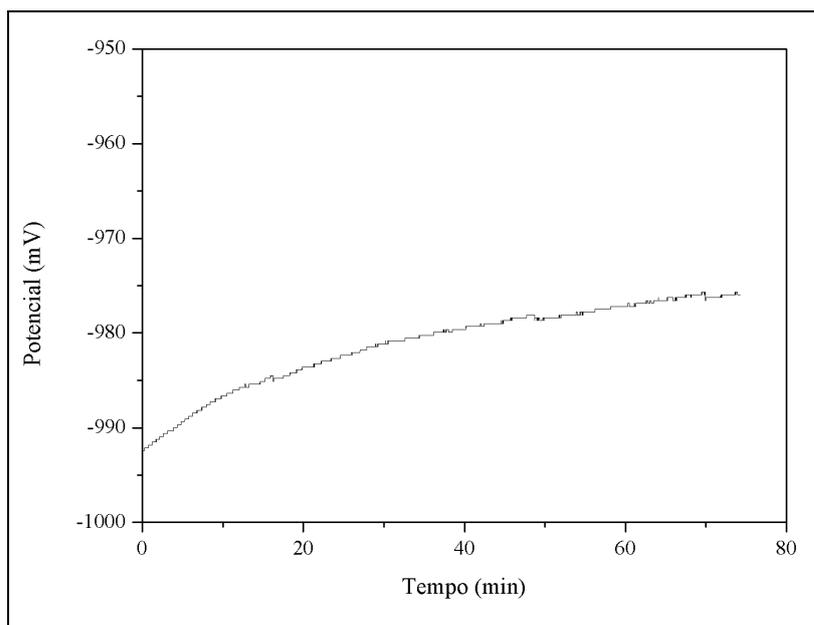


**Figura 3 - Potencial de peça em zamac com revestimento em ouro em solução de NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> com o tempo de imersão.**

Nesta figura observa-se que não há variação do potencial da peça, com potencial de aproximadamente -153 mV, até 5 horas de imersão, tempo a partir do qual há um decréscimo do potencial, o que indica a exposição dos revestimentos anteriores a deposição do ouro, e que apresentam potenciais mais baixos. Este período de 5 horas pode ser caracterizado como o tempo de persistência do revestimento mais externo da peça, revestimento de ouro, tempo a partir do qual os demais revestimentos são também expostos ao ambiente salino iniciando o processo de corrosão da peça, evidenciado pela diminuição do potencial e, portanto, menor resistência à corrosão.

Neste sentido, esta característica apresentada pela peça de zamac revestida em ouro pode ser utilizada para o monitoramento da uniformidade do revestimento.

Com o objetivo de evidenciar este conceito foi também realizada a medida de potencial de uma peça de zamac revestida em ouro com falha induzida provocada pela remoção dos revestimentos a partir do lixamento da peça deixando a superfície de Zamac exposta ao ambiente salino. A medida de potencial a circuito aberto da peça de zamac com falha induzida pode ser vista na Figura 4.



**Figura 4 - Potencial de peça em zamac com revestimento em ouro e falha induzida em solução de NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>.**

Pode ser observado que a peça de zamac com falha induzida apresentou potencial de -978 mV, valor mais negativo do que o potencial observado para a peça revestida em ouro sem falha de revestimento, potencial de -215 mV, evidenciando a diminuição da resistência a corrosão da peça devido à exposição do metal base zamac na falha induzida ao ambiente salino. Este comportamento corrobora a proposta de avaliação de potencial da peça para o monitoramento da uniformidade dos revestimentos, uma vez que demonstra a variação do potencial da peça em virtude das características do revestimento.

### Amostras Latão

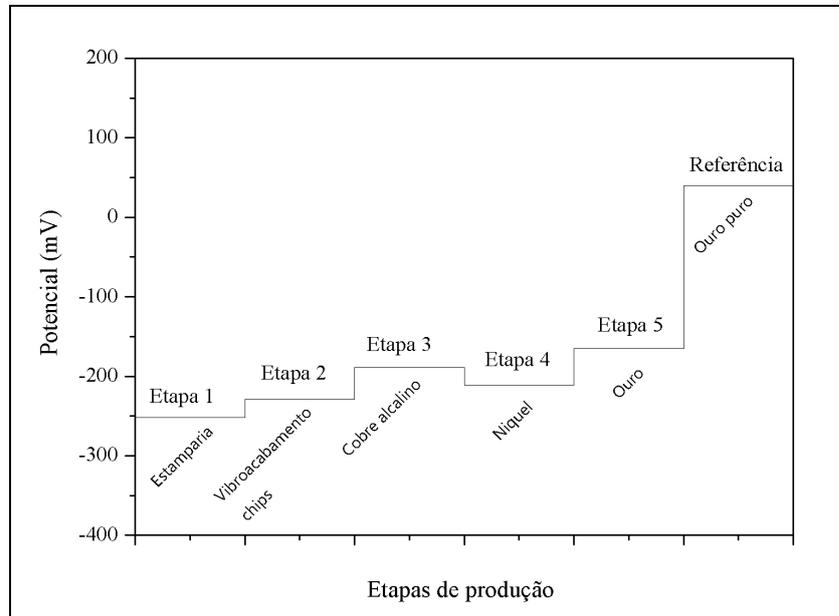
O potencial medido para as peças de latão após cada etapa da produção é mostrado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Potencial de circuito aberto de peças de latão em NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>**

	Etapa de produção	Potencial (mV <sub>ECS</sub> )
Processos físicos	Estamparia	-252
	Vibroacabamento chips abrasivos	-229
Processos eletroquímicos	Cobre alcalino	-189
	Níquel	-211
	Ouro	-165

Os potenciais medidos podem ser também vistos na Figura 5. Observa-se que nas amostras de latão houve uma menor amplitude de variação dos potenciais nas diversas etapas

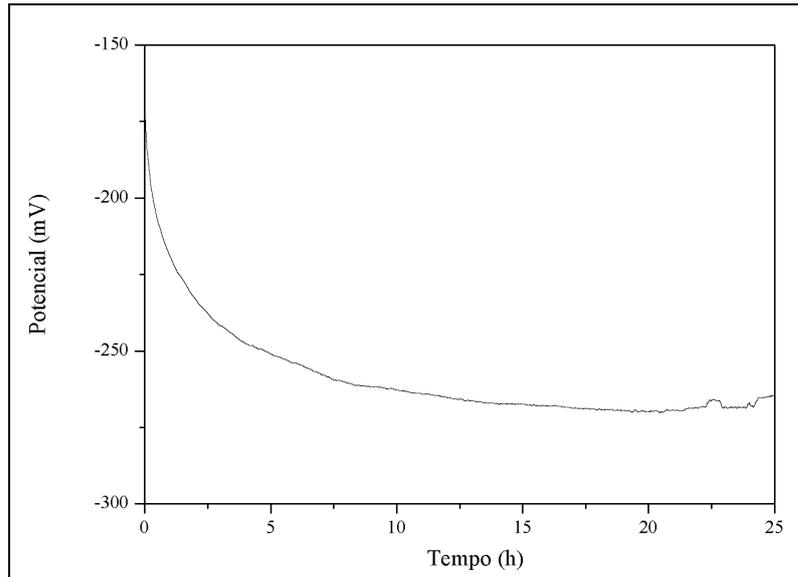
de produção, com diferença entre a peça sem recobrimento, etapa de estamparia, até o recobrimento final de ouro de aproximadamente 90 mV. Além disso, observa-se também que o potencial assumido pela peça recoberta em ouro está abaixo do potencial observado para um eletrodo de ouro puro imerso na mesma solução e que apresentou potencial de 40 mV, o que indica a menor resistência a corrosão da peça de latão com recobrimento em ouro.



**Figura 5 - Potencial da peça de latão após cada etapa de produção.**

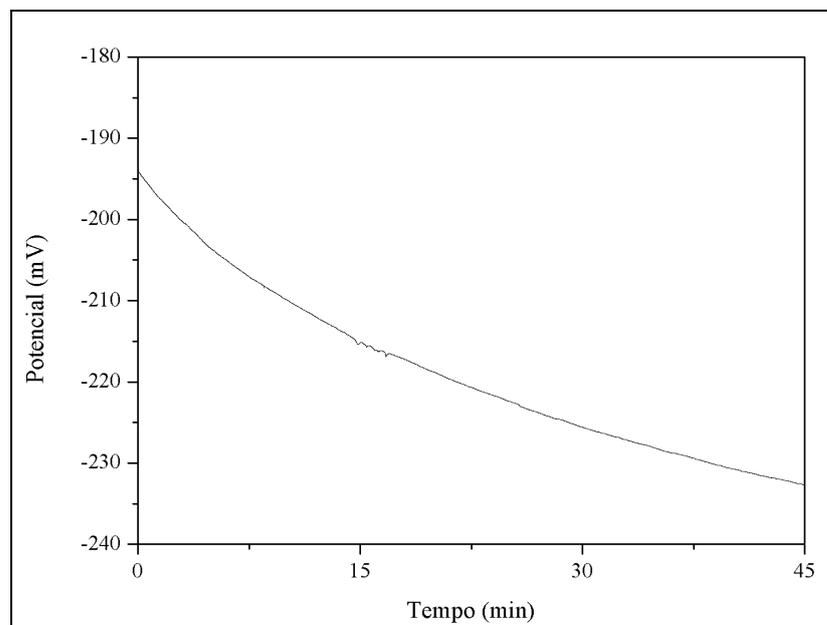
A observação da variação do potencial de peça de latão com recobrimento em ouro durante um tempo de imersão de 24 h mostrou a diminuição do potencial com o aumento do tempo de imersão para potenciais ainda mais negativos, como pode ser visto na Figura 6. O potencial de -268 mV apresentado pela peça após 24 h de imersão está próximo ao potencial observado para a peça de latão na etapa de estamparia de -252 mV, indicando a exposição dos demais recobrimentos ao ambiente salino.

Neste sistema, não foi possível observar a existência do tempo de persistência do recobrimento como observado para as peças de Zamac. No entanto, a diminuição do potencial com o tempo de imersão evidencia a não uniformidade do recobrimento e a diminuição da resistência à corrosão no ambiente salino devido a exposição dos demais metais ao ambiente corrosivo.



**Figura 6 - Potencial de peça latão recoberta em ouro em solução de NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> com o tempo de imersão.**

Foi também realizada a medida do potencial a circuito aberto de peças de latão com falha induzida. Neste caso, a variação do potencial com o tempo pode ser visto na Figura 7, onde se observa que o potencial apresentado pela peça é inicialmente de -196 mV com diminuição para potenciais ainda mais negativos, com potencial de -232 mV após 45 minutos de imersão. O potencial apresentado é mais negativo do que o observado para a peça com recobrimento em ouro cujo valor foi de -165 mV, como apresentado na Tabela 2, o que demonstra a não uniformidade do revestimento mais externo da peça com exposição dos demais revestimentos mais susceptíveis a corrosão no ambiente salino avaliado.



**Figura 7 - Potencial de peça em latão com recobrimento em ouro e falha de revestimento em solução de NaCl 0,5 mol L<sup>-1</sup>.**

Nesse caso, propõe-se a utilização da derivada do potencial com o tempo como grandeza eletroquímica a ser utilizada no controle de qualidade do revestimento de ouro sobre o latão.

### **Implementação**

Os dois critérios foram selecionados para implementação na linha de produção dos dois tipos de peças metálicas revestidas. A metodologia pode ser baseada em instrumentação e procedimentos simplificados, implementados na empresa. Inicialmente considerou-se como essencial a produção de peças padrão para serem utilizadas, na avaliação de cada produto específico, como eletrodo de referência para as medidas de potencial descritas. A adoção de cada produto como referência de controle permite compensar a influência de variáveis importantes como geometria e dimensão de cada tipo de peça produzida. Incorpora ainda as variáveis de processo ajustadas para cada produto. Esses padrões devem ser bem caracterizados em termos de espessura, rugosidade e conformidade, o que será feito por microscopia eletrônica de varredura. Controles adicionais foram definidos para a solução teste, como grau de pureza dos reagentes a serem utilizados no preparo da solução, tolerância de pH e precisão de pesagem no preparo da mesma. A instrumentação a ser utilizada é constituída por:

- a) Balança semi-analítica;
- b) Multímetro portátil de alta impedância;
- c) Medidor de pH;
- d) Eletrodo de referência;
- e) Computador.

Valores absolutos de potencial podem ser obtidos utilizando-se o eletrodo de referência de calomelano saturado. A sequência de medidas é aquela já descrita, precedendo a coleta regular de amostras entre diferentes etapas de produção descritas no fluxograma apresentado na Figura 1.

### **Conclusões**

---

A partir dos resultados observados a avaliação de potencial a circuito aberto em ambiente salino de NaCl  $0,5 \text{ mol L}^{-1}$  das peças de zamac e latão em suas diferentes etapas de produção pode ser proposta como metodologia de controle de qualidade da produção de peças destas ligas revestidas em ouro. Os ensaios realizados evidenciaram a variação do potencial e diminuição da resistência à corrosão em virtude de falhas no revestimento.

### **Referências bibliográficas**

---

- (1) GENTIL, V. **Corrosão**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. p. 28.