

# Tratamento Superficial pelo processo de anodização por *Sparking* de Ligas de Magnésio para aplicação biomédica

Kerolyne Soares Mayer  
Célia de Fraga Malfatti\*

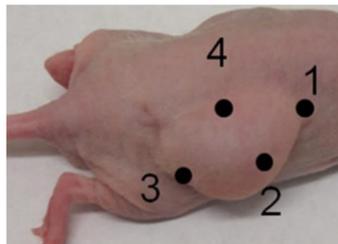


## INTRODUÇÃO

Com aumento da perspectiva de vida, a bioengenharia é uma das áreas que mais tem demonstrado desenvolvimento e aplicações inovadoras, dentre as ligas estudadas para aplicação biomédica destacam-se as de magnésio.<sup>1</sup> Isso muito devido aos papéis funcionais e presença dele no tecido ósseo. É biocompatível e pode ter efeitos estimuladores sobre o crescimento de tecido ósseo novo. A dificuldade em se utilizar implantes à base de magnésio é a sua alta taxa de corrosão.<sup>2</sup>

Durante a corrosão do magnésio ocorre a reação catódica de formação do gás hidrogênio, o qual pode se acumular em regiões adjacentes ao implante (Figura 1), podendo interferir na cicatrização dos tecidos.<sup>3</sup> Dentre as ligas de magnésio estudadas, destacam-se a ZK30 e ZK60 por suas propriedades mecânicas, ausência do elemento alumínio e outros elementos nocivos ao ser humano. Sendo assim, o objetivo do presente trabalho é estudar o comportamento corrosivo das ligas ZK30 e ZK60, bem como, analisar sua morfologia.

Figura 1: ensaio in-vivo em um rato – bolhas devido à evolução do hidrogênio



Fonte: Doali Zhao et al. (2017).

- Vantagens:
  - Biocompatibilidade
  - Bioabsorvível
  - Desnecessária 2ª intervenção cirúrgica;

- Desvantagens:
  - Alta taxa de corrosão
  - Liberação de hidrogênio

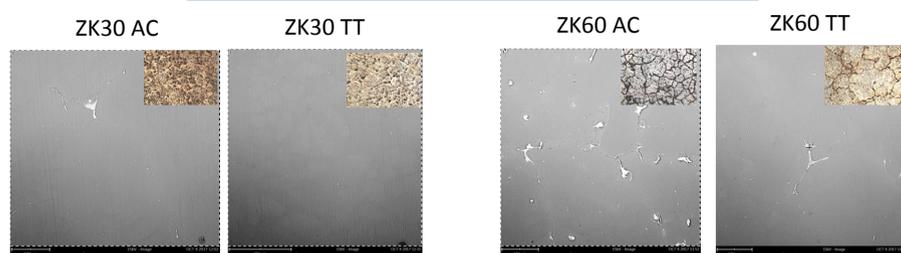
## METODOLOGIA

As amostras ZK30 e ZK60 foram submetidas à tratamento térmico de solubilização e subdivididas em ZK30AC e ZK60AC (não tratadas termicamente), ZK30TT e ZK60TT (tratadas termicamente). O tratamento térmico consistiu em manter as amostras em forno à 400°C por 10 horas com posterior resfriamento em água e envelhecimento em forno à 150°C. Todas as amostras passaram por uma preparação: corte, lixamento, polimento com pasta de diamante de 1 µm, limpeza em acetona e secagem com jato de ar frio.

Após foi feito ataque metalográfico para revelação de sua microestrutura, onde observou-se que as tratadas termicamente possuem menor quantidade de precipitados no contorno de grão em relação às ligas não tratadas. As amostras também foram submetidas ao ensaio de polarização potenciostática para verificar o comportamento eletroquímico de cada amostra em eletrólito que simula o fluido corpóreo (solução Kokubo). Comparando as amostras ZK30AC e ZK30 TT, as amostras tratadas termicamente apresentaram redução de corrente de corrosão. A amostra ZK60TT também apresentou redução de corrente de corrosão e diminuição do potencial de corrosão. Em ensaios de potencial de circuito aberto (OCP) houve uma pequena variação de potencial entre as amostras, porém com o passar do tempo existiu uma tendência de estabilização de potencial para todas elas. As amostras também foram submetidas a ensaio de para analisar a resistência à corrosão por perda de massa. Obteve-se que a amostra ZK60AC foi a que apresentou maior taxa de corrosão.

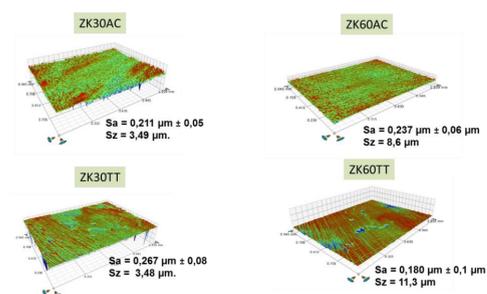
## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Microscopia Ótica e MEV/EDS



- Após o tratamento térmico observa-se uma parcial solubilização da fase intermetálica do contorno de grão. Isto é mais visível na amostra ZK60.

### Interferometria Ótica



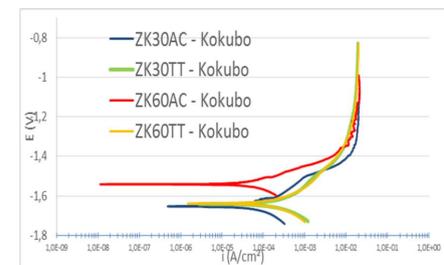
- As rugosidades das amostras após preparação ficaram muito próximas umas das outras, o que indica uma homogeneidade na preparação das amostras.

## Curvas de Polarização

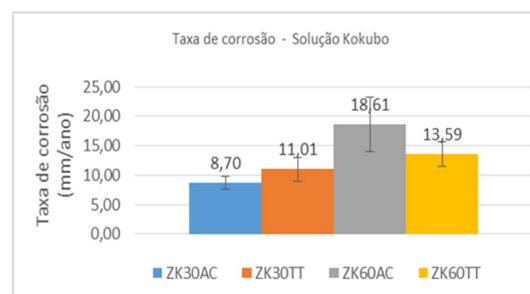
### Taxa de corrosão das amostras em solução Kokubo

| Eletrólito      | Ecorr (V) | Corrosion rate (mm/year) | Desvio padrão da taxa de corrosão |
|-----------------|-----------|--------------------------|-----------------------------------|
| ZK30AC - Kokubo | -1,680    | 3,7                      | 0,2                               |
| ZK30TT - Kokubo | -1,641    | 4,01                     | 0,4                               |
| ZK60AC - Kokubo | -1,610    | 4,00                     | 0,1                               |
| ZK60TT - Kokubo | -1,638    | 3,92                     | 0,4                               |

As amostras não apresentaram diferenças significativas em suas taxas de corrosão por esta técnica.

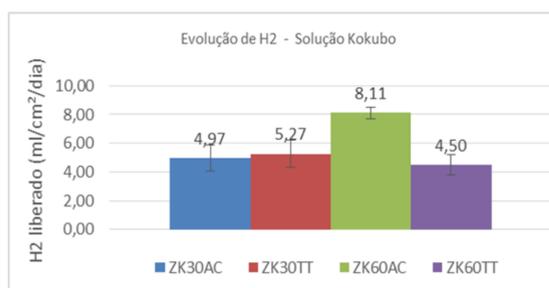


## Perda de massa por imersão



A amostra ZK60 após tratamento térmico (ZK60TT) apresentou uma redução na taxa de corrosão.

## Evolução de hidrogênio



- Todas as amostras apresentaram uma liberação de hidrogênio acima da recomendado.
- A amostra ZK60 após tratamento térmico reduziu aproximadamente pela metade o valor da liberação de hidrogênio.

## CONCLUSÕES:

- Após tratamento térmico observou-se uma solubilização parcial do intermetálico do contorno de grão, sendo mais visível na amostra ZK60.
- A taxa de corrosão calculada a partir das curvas de polarização apresentou valores muito menores do que aqueles verificados pela perda de massa.
- Todas as amostras apresentaram uma liberação de hidrogênio muito maior do que a tolerada pelo organismo (0,01ml/dia)<sup>3</sup>.

## REFERÊNCIAS:

- <sup>1</sup>Renkema KY, Alexander RT, Bindels RJ, Hoenderop JG. "Calcium and phosphate homeostasis: concerted interplay of new regulators." *Ann Med* 2008;40(2):82-91.  
<sup>2</sup>Doali Zhao et al. In vivo characterization of magnesium alloy biodegradation using electrochemical H2 monitoring, ICP-MS, and XPS. *Acta Biomaterialia* 50 (2017) 556-565.  
<sup>3</sup>Cheng, Ying-liang, et al. "Comparison of corrosion behaviors of AZ31, AZ91, AM60 and ZK60 magnesium alloys." *Transactions of Nonferrous Metals Society of China* 19.3 (2009): 517-524.