

INFLUÊNCIA DO pH NA SOL-GEL PARA A ELABORAÇÃO DE FILMES HÍBRIDOS APLICADOS SOBRE O SUBSTRATO Ti-6Al-4V

P. Marcolin^{a,*}, D. G. Salvador^b, L. V. R. Beltrami^c, M. Longhi^a, R. N. Brandalise^a,
S. R. Kunst^a

^aPGPROTEC – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos e Tecnologias – Universidade de Caxias do Sul – UCS.

^bLCOR – Laboratório de Corrosão - Universidade de Caxias do Sul – UCS.

^cLAPEC – Laboratório de Pesquisa em Corrosão - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

*Autor correspondente: Rua Francisco Getúlio Vargas, 1130, Caxias do Sul -RS – Brasil. E-mail: pmarcolin@ucs.br

RESUMO

Revestimentos de superfície são um dos meios mais efetivos para controlar a liberação de íons citotóxicos pela liga Ti-6Al-4V, utilizada como biomaterial. Dentre os revestimentos os filmes a base de alcóxi-silanos tem-se destacado para essa aplicação, devido a sua propriedade barreira e a ausência de toxicidade. No entanto, a eficiência da proteção do filme depende dos parâmetros escolhidos para a obtenção desse pelo método sol-gel, tal como, o pH da solução de hidrólise. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a influência do pH da solução de hidrólise, variando-se o pH em 3, 4 e 5. O filme foi preparado através dos precursores alcóoxidos 3-(trimetóxisililpropil) (MAP) e metacrilato e tetraetóxisilano (TEOS). O comportamento das amostras foi analisado por ensaios morfológicas, eletroquímicas, físico-químicas e mecânicas. Os resultados obtidos indicaram que o pH 4 favoreceu a taxa de hidrólise e conseqüentemente, um melhor desempenho anticorrosivo.

Palavras-chave: pH, organossilanos, resistência a corrosão, liga Ti-6Al-4V

INTRODUÇÃO

Ligas de titânio alumínio e vanádio são muito empregadas em aplicações biomédicas, por sua elevada resistência mecânica, baixo custo quando comparado ao titânio puro, e boa biocompatibilidade⁽¹⁾. Entretanto, estudos associam efeitos citotóxicos, reações adversas dos tecidos e desordens neurológicas à presença de íons de alumínio e vanádio liberados no corpo humano pela liga⁽²⁾. Neste contexto, revestimentos superficiais são empregados com o intuito de aumentar a resistência a corrosão desses materiais.

Dentre os revestimentos superficiais estudados, os filmes a base de alcóxi-silanos são promissores para esta aplicação, devido ao efeito barreira apresentado por este filme, o qual está relacionado a formação de uma densa rede de Si-O-Si, que resulta em um filme compacto, uniforme e aderente ao substrato⁽³⁾. Esse filme atua na resistência a corrosão, impedindo o contato dos íons, presentes no meio, com o substrato metálico, agindo como uma barreira hidrofóbica⁽³⁾. A eficiência da proteção dos revestimentos de alcóxi-silano depende dos parâmetros escolhidos para a elaboração do filme como, o pH da solução, tempo de hidrólise e temperatura de cura.

O pH da solução de hidrólise é o principal parâmetro responsável pela vida útil e pelas reações de hidrólise e condensação dos precursores alcóxi-silanos em solução aquosa^(4,5). A formação do filme híbrido pelo método sol-gel, depende principalmente das reações de hidrólise, as quais são responsáveis pela formação dos grupos silanóis. Após a hidrólise, a molécula do alcóxi-silano hidrolisada pode sofrer reações de condensação na própria solução, resultando na reticulação da mesma, o que acarreta em um filme mais poroso e menos protetivo⁽⁴⁾. Diante disso, o pH da mistura deve ser ajustado para um determinado valor em que se tenha a máxima velocidade de hidrólise e a mínima velocidade de condensação das moléculas de silano já hidrolisadas (silanóis).

Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho é avaliar a influência do pH do sol-gel na obtenção do filme híbrido de silano. Para isso, o valor do pH da solução de sol-gel foi ajustado com a adição de ácido acético glacial, para os valores 3, 4 e 5. Os sistemas foram caracterizados, quanto ao seu comportamento morfológico, eletroquímico e físico-químico bem como a caracterização mecânica. Os resultados indicaram que o pH 4 favorece a taxa de hidrólise e minimiza a taxa de condensação, permitindo a obtenção de um filme uniforme, denso e aderente ao

substrato, evidenciando maior resistência a corrosão da liga Ti-6Al-4V, em relação aos demais sistemas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Preparação das amostras e aplicação do revestimento

Como corpos de prova foram utilizadas chapas da liga Ti-6Al-4V. Todas as amostras foram polidas com lixas de carbetto de silício até grana 1000, e posteriormente submetidas ao pré-tratamento alcalino com hidróxido de sódio (0,01 M) por 3 minutos a temperatura ambiente⁽⁶⁾.

Posterior ao pré-tratamento de superfície, preparou-se o filme a base de alcóxi-silano por meio do processo sol-gel, a partir das reações de hidrólise dos alcóxidos TEOS e MAP, nas proporções de TEOS:sol (1:10); MAP:sol (1,5:10); água:sol (1,5:10); etanol:sol (6:10)⁽⁷⁾. Inicialmente foram misturados o etanol com os alcóxidos, a temperatura ambiente e sob agitação magnética. Após adicionou-se lentamente a solução, previamente acidificada, ácido acético glacial, com o objetivo de ajustar os valores de pH em 3, 4 e 5. O processo de hidrólise foi conduzido à temperatura ambiente sem agitação por um período de 24 horas. Para a aplicação do sol na liga metálica foi utilizado o processo de *dip coating*, a uma velocidade de imersão e emersão foi de 10 cm.min⁻¹, com tempo de permanência na solução de 5 minutos. Após os filmes foram curados em estufa por 1 hora a 90°C. Os sistemas foram denominados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das amostras utilizadas.

Identificação dos sistemas	Descrição dos sistemas
LTi-pH3	Filme híbrido de silano obtido com pH 3 aplicado sobre a liga Ti-6Al-4V
LTi-pH4	Filme híbrido de silano obtido com pH 4 aplicado sobre a liga Ti-6Al-4V
LTi-pH5	Filme híbrido de silano obtido com pH 5 aplicado sobre a liga Ti-6Al-4V

Caracterização dos substratos

Para a análise morfológica, realizou-se o ensaio de microscopia eletrônica de varredura (MEV), pelo equipamento da marca Tescan, modelo Mira 3, do Laboratório Central de Microscopia da Universidade de Caxias do Sul (UCS).

A aderência dos sistemas foi analisada seguindo a norma ASTM D 3359-09 e a rugosidade foi avaliada por perfilometria através dos parâmetros obtidos de Ra (rugosidade média); Rz (rugosidade total); Rt (rugosidade máxima).

A caracterização físico-química dos sistemas foi realizada pelo ensaio de ângulo de contato, utilizando o método da gota séssil. A aquisição de dados foi realizada através do Software SurfTens 4.5.

Nos ensaios eletroquímicos realizou-se o monitoramento do potencial de circuito aberto e curvas de polarização potenciodinâmica. Todas as análises foram realizadas em um potenciostato galvanostato Ivium modelo Ivium Stat. Os ensaios foram realizados com a solução SBF (*simulated body fluid*) como eletrólito, a temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. Utilizou-se um contra-eletrodo de platina e como eletrodo de referência o eletrodo de calomelano saturado.

O potencial de circuito aberto foi monitorado durante a primeira hora de imersão no eletrólito e as curvas de polarização foram obtidas com velocidades de varredura de $1\text{mV}\cdot\text{s}^{-1}$, sendo o intervalo de varredura utilizado de 200 mV abaixo do potencial de circuito aberto e 600 mV acima desse potencial.

Os ensaios de aderência, ângulo de contato e as análises eletroquímicas, foram realizados no Laboratório de Corrosão e Pesquisa da UCS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as micrografias obtidas por MEV, para os três sistemas. O aspecto morfológico dos revestimentos obtidos para os sistemas LTi-pH3 e LTi-pH4 ilustrado na Figura 1a e b, denota a formação de um filme homogêneo, sem reentrâncias e com leves descontinuidade, evidenciadas por zonas mais claras e escuras⁽⁵⁾.

Para o sistema LTi-pH5, apesar do recobrimento obtido, pode ser observado a presença de bolhas, já evidenciado por outros autores para os revestimentos silanos⁽⁶⁾. Essas bolhas podem influenciar negativamente na proteção barreira do filme, uma vez que essas permitirão regiões preferenciais para permeação do eletrólito através do revestimento⁽⁹⁾. A formação de bolhas pode estar associada com

a maior tensão superficial do sol atribuída a alteração do pH da solução, uma vez que a força esférica de cada bolha é um efeito da tensão superficial, que tende a minimizar a área da superfície interna e externa da película⁽¹⁰⁾.

Outro motivo relacionado a formação de bolhas no sistema LTi-pH5 é o fato do pH 5 favorecer as reações de condensação. Esse favorecimento leva ao crescimento das cadeias poliméricas no sol e a formação de uma rede (gel) mais rígida⁽¹¹⁾. Durante a cura do filme, esta rede rígida resiste à evaporação dos solventes o que resulta em uma estrutura mais porosa. Essa hipótese sugere que a formação de bolhas, o que está de acordo com o encontrado na literatura^(4,5).

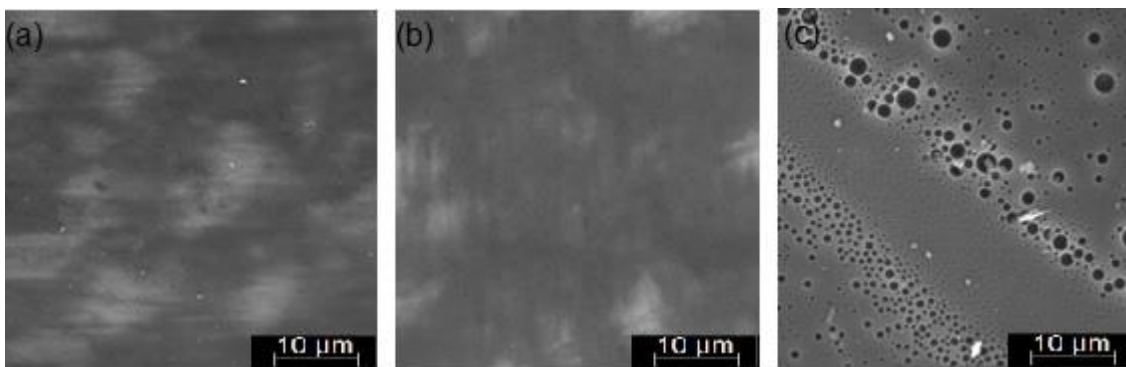


Figura 1 – Micrografias obtidas no MEV para os sistemas, sendo (a) LTi-pH3; (b) LTi-pH4; (c) LTi-pH5.

A Figura 2 ilustra as análises de MEV, para os sistemas, obtidas após o ensaio de aderência. O sistema LTi-pH4 (Figura 2b), não apresentou deslocamento do revestimento, classificando a amostra conforme o código 5B. Para o sistema LTi-pH3, observa-se na Figura 2a que o filme obteve boa aderência, entretanto, em pequenas partes na extremidade foi observado o deslocamento do filme, o que classificou a amostra conforme o código 4B. Para o sistema LTi-pH5 (Figura 2c) observou-se que a aderência para esse sistema não foi satisfatória. Isso condiz com os resultados de MEV, onde foram observadas pequenas bolhas no filme, que podem influenciar negativamente na aderência desse ao substrato. Dessa forma, este sistema foi classificado pelo código 3B.

A excelente adesão no sistema LTi-pH4, corrobora com o encontrado na literatura, onde muitos autores indicam que para revestimentos silanos valores em torno do pH 4 para o sol, favorecem a taxa de hidrólise e diminuem a taxa de condensação, o que resulta em uma polimerização mais lenta e ausência de

precipitação ou gelificação na solução^(4,5). Situações como essa permitem uma melhor adesão do revestimento à superfície metálica, pela maior concentração de grupos silanóis (grupos não condensados) disponíveis, os quais são responsáveis pelas posteriores ligações siloxano na cadeia polimérica, e pelas ligações metalosiloxano, entre a interface metal/revestimento, que permitem a ancoragem do revestimento ao substrato⁽⁴⁾.

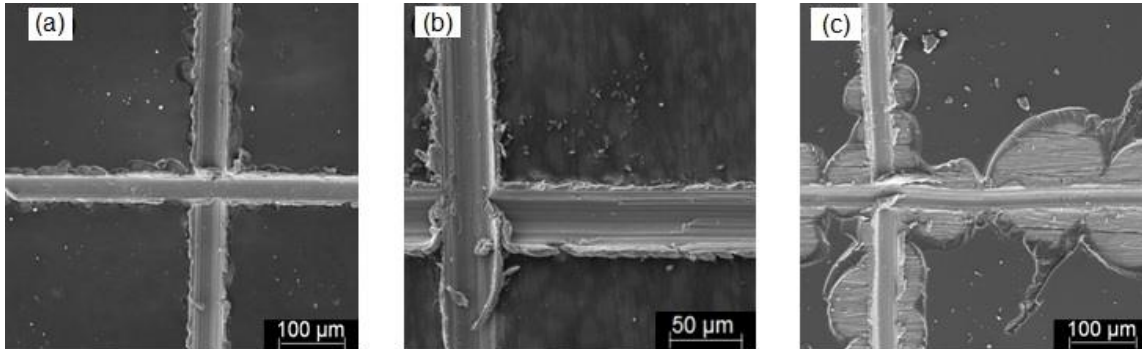


Figura 2 – Micrografias no MEV para os ensaios de aderência, sendo (a) LTI-pH3, (b) LTI-pH4 e (c) LTI-pH5.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros de Ra, Ry e Rz obtidos pelo ensaio de perfilometria para todos os sistemas. Para os sistemas LTI-pH3 e LTI-pH4 os valores de Ra foram inferiores ao sistema LTI-pH5, indicando a formação de um filme menos rugoso e mais homogêneo. O comportamento do filme, observado para os sistemas LTI-pH3 e LTI-pH4, pode estar relacionado com a melhor ancoragem do filme o que propiciou um certo nivelamento da superfície⁽¹²⁾, o que corrobora com as micrografia do MEV (Figura 1).

Tabela 2 – Parâmetros de rugosidade obtidos pelo ensaio de perfilometria para os diferentes sistemas de valores de pH da solução de hidrólise testados

Amostra	Rugosidade da Superfície		
	Ra (μm)	Rt (μm)	Rz (μm)
LTI-pH3	0,13 (± 0,15)	1,54 (± 0,21)	0,98 (± 0,18)
LTI-pH4	0,12 (± 0,14)	2,3 (± 0,25)	0,97 (± 0,15)
LTI-pH5	0,25 (± 0,17)	1,57 (± 0,23)	0,81 (± 0,14)

Maiores valores de Ra obtido para o sistema LTi-pH5 já era esperado, uma vez que a Figura 1 denota a formação de bolhas para as condições de preparo desse revestimento.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos para a análise do ângulo de contato, pelo método da gota séssil, para os sistemas estudados. Observa-se que o sistema LTi-pH3 apresentou os menores valores de ângulo de contato, seguido pelos sistemas LTi-pH4 e LTi-pH5, os quais apresentaram valores bem semelhantes. Os resultados indicaram que o pH da solução de hidrólise influencia na hidrofobicidade da superfície.

A amostra mais ácida, LTi-pH3, foi também a que apresentou o menor valor de ângulo de contato, e conseqüentemente a maior molhabilidade, comparativamente aos demais sistemas. Esse resultado corrobora com a literatura⁽⁴⁾, uma vez que, a manutenção do pH do sol em torno de 3 não favoreceu a condensação. Menores concentrações de grupos Si-O-Si disponíveis, diminuem a reticulação e adesão do filme nas etapas de aplicação e cura do revestimento o que o torna mais hidrofílico e suscetível a permeabilidade do eletrólito, diminuindo a eficácia proteção barreira⁽¹³⁾.

A superfície mais hidrofóbica associada ao sistema LTi-pH4 já era esperada uma vez que conforme discutido nos ensaios anteriores esse apresentou maior aderência (Figura 2), uma boa cobertura (Figura 1) e menor espessura (Figura 3), a qual nesse caso foi atribuída a formação de uma densa camada siloxano, conforme já discutido. Por outro lado, o sistema LTi-pH5 não apresentou boa aderência (Figura 3), além disso, a micrografia da superfície obtida pelo MEV para esse sistema (Figura 1) indicou a presença de bolhas no filme as quais podem influenciar negativamente na proteção contra corrosão, indicando uma superfície instável e suscetível a permeação do eletrólito.

Entretanto, os maiores valores de ângulo de contato, está de acordo com a literatura, a qual afirma que as superfícies de sólidos com maiores rugosidades podem promover alterações locais nas energias de superfície, proporcionando assim, a obtenção de valores de ângulo de contato diferentes de uma condição de equilíbrio⁽¹⁴⁾. Além disso, essa suposição corrobora com alguns autores, os quais obtiveram acréscimo na hidrofobicidade de seus filmes e relacionaram isso ao aumento da rugosidade superficial desses sistemas⁽¹²⁾.

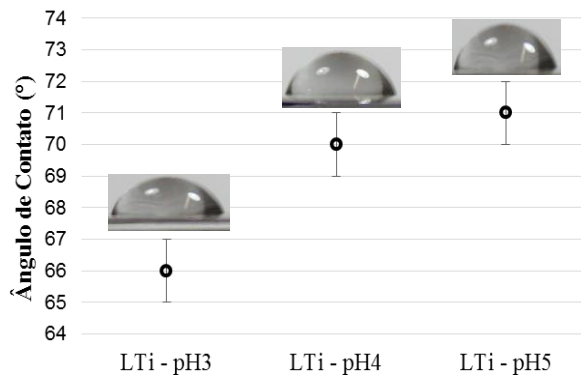


Figura 4 – Imagens obtidas para determinação do ângulo de contato dos diferentes pH de solução de hidrólise testados.

Os resultados dos ensaios de potencial de circuito aberto (OCP) e curvas de polarização dos diferentes pH da solução de hidrólise estudados, encontram-se na Figura 5. Os resultados indicam qual o melhor desempenho anticorrosivo do sistema LTi-pH4, quando comparado aos demais sistemas, uma vez que foram observados maiores valor de OCP e menores densidade de corrente de corrosão, sugerindo um melhor efeito barreira do filme em relação aos processos corrosivos⁽¹⁵⁾.

Esse resultado já era esperado, uma vez que corrobora com todos os ensaios discutidos até o momento, os quais demonstraram pelo favorecimento da taxa de hidrólise, a formação de um filme mais uniforme, hidrofóbico e aderente para esse sistema quando comparado aos demais. Inclusive os ensaios eletroquímicos confirmam a hipótese da formação de um filme mais denso e isento de porosidade para o sistema LTi-pH4, conforme discutido no ensaio morfológico (Figura 1-b), indicando que as condições de preparo para esse sistema promoveram um aumento das reações de reticulação (*cross-linking*) o que proporcionou uma maior resistência a corrosão do filme, quando comparado aos demais filmes estudados⁽¹²⁾.

O desempenho inferior associado ao LTi-pH3 podem estar relacionado ao revestimento mais poroso, no qual o eletrólito entra em contato com o substrato, iniciando o processo corrosivo. Esses resultados estão de acordo com os valores de ângulo de contato (Figura 4), que sugerem que a taxa de hidrólise não foi favorecida nesse pH, tornando o sistema mais hidrofílico. O menor número de grupos Si-OH disponíveis, resulta em uma menor adesão silano/metálico (Me-O-Si) além de afetar negativamente na proteção barreira do filme, uma vez que as ligações siloxano, responsáveis pela reticulação do filme também são diminuídas nessas condições⁽⁴⁾. Isso indica que o sistema LTi-pH3 é mais hidrofílico e poroso⁽⁵⁾.

O sistema LTi-pH5 apresentou valores significativamente inferiores em relação aos demais sistemas estudados. Esse resultado corrobora com a falta de adesão filme/substrato, desse sistema, apresentado na Figura 2-c e a formação de bolhas, atribuídas as condições de preparo do filme, observadas nas micrografias obtidas por MEV, apresentadas na Figura 1-c. Fatores como esse podem influenciar de forma negativa na resistência à corrosão, criando caminhos preferenciais para permeação do eletrólito através do revestimento⁽⁹⁾, o que indica a formação de um filme menos protetivo, confirmando pelos menores valores de OCP (Figura 5-a) e maior densidade de corrente obtido na curva de polarização, conforme Figura 5-b.

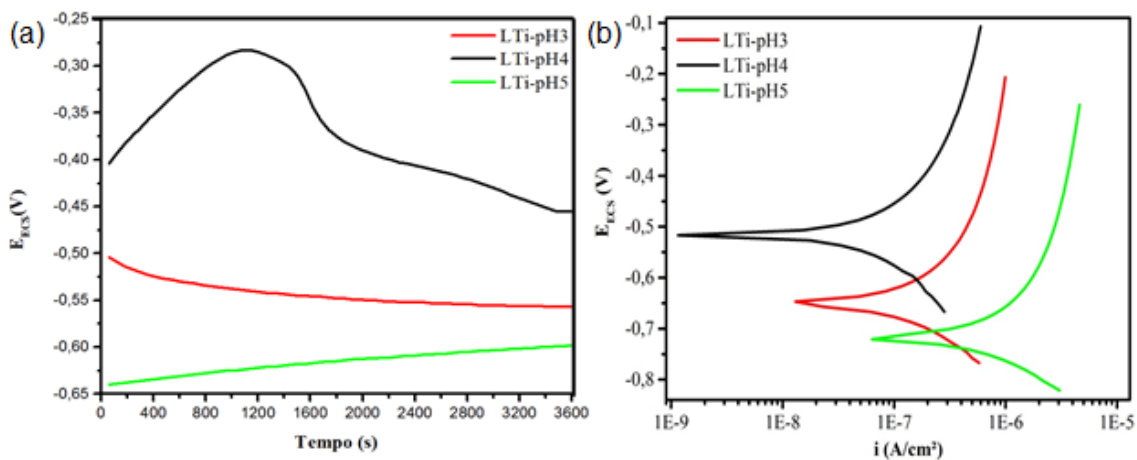


Figura 5 – (a) Representação das curvas de polarização para todos os sistemas e (b) Curvas de potencial de circuito aberto para todos os sistemas estudados.

CONCLUSÃO

O pH da solução precursora de silano MAP/TEOS apresenta influência nas propriedades e características morfológicas, físico-químicas, mecânicas e eletroquímicas do filme formando, uma vez que esse afeta a taxa de hidrólise e condensação do filme híbrido. Os resultados obtidos sugerem que a manutenção da solução de hidrólise no pH 4 favorece a taxa de hidrólise, resultando em um melhor desempenho anticorrosivo. Os resultados de MEV, aderência, espessura e ângulo de contato, indicam para esse mesmo sistema a formação de um filme denso, uniforme, aderente e hidrofóbico, o que diminui a taxa de corrosão devido a formação de uma eficiente proteção barreira que retarda a passagens de íons do meio para o substrato metálico.

Por outro lado, o ajuste do pH da solução em 3 e 5 não indicou a formação de um filme protetivo, sugerindo que a manutenção da solução de hidrólise nesse pH favorece a taxa de condensação, o que resulta em um filme poroso o que limita a proteção barreira. Esses resultados corroboram com a literatura que indica que para a maioria dos silanos a manutenção do pH em torno de 4 durante o preparo da solução parece ser o melhor procedimento.

REFERÊNCIAS

- (1) Mohseni, E.; Zalnezhad, E.; Bushroa, A. R.; Abdel Magid, H.; Goh, B. T.; Yoon, G. H. Ti/TiN/HA coating on Ti-6Al-4V for biomedical applications. *Ceramics International*, v. 41, n. 10, Part B, p. 14447-14457, 2015.
- (2) Cremasco, A.; Andrade, P. N.; Contieri, R. J.; Lopes, E. S. N.; Afonso, C. R. M.; Caram, R. Correlations between aging heat treatment, ω phase precipitation and mechanical properties of a cast Ti-Nb alloy. *Materials & Design*, v. 32, n. 4, p. 2387-2390, 2011.
- (3) Cabral, A. M.; Trabelsi, W.; Serra, R.; Montemor, M. F.; Zheludkevich, M. L.; Ferreira, M. G. S. The corrosion resistance of hot dip galvanised steel and AA2024-T3 pre-treated with bis-[triethoxysilylpropyl] tetrasulfide solutions doped with $Ce(NO_3)_3$. *Corrosion Science*, v. 48, n. 11, p. 3740-3758, 2006.
- (4) Ooij, W. J. V.; Zhu, D.; Stacy, M.; Seth, A.; Mugada, T.; Gandhi, J.; Puomi, P. Corrosion Protection Properties of Organofunctional Silanes—An Overview. *Tsinghua Science & Technology*, v. 10, n. 6, p. 639-664, 2005.
- (5) Gabbardo, A. D. A. Influência do pH do envelhecimento da solução precursora na deposição do revestimento a base de silano BTSE com adição de inibidor Ce(III) e estudo do envelhecimento desse revestimento aplicado sobre aço galvanizado. 2014, 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.
- (6) Capiotto, N. Uso do silano BTSE como protetivo contra a corrosão de laminados de aço carbono.. 2006, 17p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Programa de Pós Graduação em Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
- (7) Sakai, R. T.; Da Cruz, F. M. D. L.; De Melo, H. G.; Benedetti, A. V.; Santilli, C. V.;

Suegama, P. H. Electrochemical study of TEOS, TEOS/MPTS, MPTS/MMA and TEOS/MPTS/MMA films on tin coated steel in 3.5% NaCl solution. *Progress in Organic Coatings*, v. 74, n. 2, p. 288-301, 2012.

(8) Ugarteche, C. V. Efeito da proteção à corrosão aplicando revestimentos sol-gel orgânicos-inorgânicos em Alumínio AA2024-T3. 2013. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso - Engenharia de Materiais Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

(9) Mohammadlooa, H.E.; Sarabi, A.A.; Alvani, A. A. S.; Sameiea, H.; Salimia, R. Nano-ceramic hexafluorozirconic acid based conversion thin film: Surface characterization and electrochemical study. *Surface e Coatings Technology*, v. 206, p. 4132-4139, 2012.

(10) Peruzzi, R. O. Preparação e caracterização de filmes supercondutores do sistema BSCCO. 2006, 99p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Materiais) - Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2006.

(11) Mudry, G. A. Revestimentos de Silanos Obtidos sobre Aço Carbono e sua Utilização como Agentes Promovedores de Adesão em Uniões Aço- Resina Epóxi. 2011, 122 p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

(12) Kunst, S. R.; Korb, M. A.; Menezes, T. L.; Tessaro, G.; Oliveira, C. T.; Malfatti, C. F. Influence of the curing process of the hybrid films on the performance of coatings obtained by epoxy painting. *Metallurgy and Materials*, v. 66, p. 309-316, 2013.

(13) Valtiner, M.; Kristiansen, K.; Greene, G.W.; Israelachvili, J.N. Effect of surface roughness and electrostatic surface potentials on forces between dissimilar surfaces in aqueous solution. *Advances Materials*, v. 23, p. 2294–2299, 2011

(14) Przadka, D.; Marcinkowska, A.; Andrzejewska, E. POSS-modified UV-curable coatings with improved scratch hardness and hydrophobicity. *Progress in Organic Coatings*, 2016.

(15) Bossardi, K. Nanotecnologia aplicada a tratamentos superficiais para o aço carbono 1020 como alternativa ao fosfato de zinco. 2007, 87 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

INFLUENCE OF PH ON SOL-GEL SOLUTION FOR THE ELABORATION OF HYBRID FILMS APPLIED TO Ti-6Al-4V ALLOY

ABSTRACT

Surface coatings are one of the most effective means to control the release of cytotoxic ions the Ti-6Al-4V, used as a biomaterial. Among the coatings films based on alkoxy silanes have been highlighted for this application due to its barrier property and lack of toxicity. However, the protective film efficiency depends on the parameters chosen for obtaining this by sol-gel method, such as the pH of the hydrolysis solution. In this context, this study aimed to evaluate the influence of pH of the hydrolysis solution, varying the pH 3, 4 and 5. The film was prepared by the precursors alkoxides 3- (trimethoxysilylpropyl) (MAP) and methacrylate and tetraethoxysilane (TEOS). The behavior of the samples was analyzed by morphological tests, electrochemical, physical-chemical and mechanical. The results indicated that the pH 4 favored the hydrolysis rate and consequently a better anti-corrosion performance.

Key-words: pH, organosilanes, corrosion resistance, Ti-6Al-4V alloy.