

**CORROSÃO DE REVESTIMENTOS PRODUZIDOS POR HVOF EM
SOLUÇÃO AQUOSA DE H₂SO₄ 0,5 M.**

Patrícia Hatsue Suegama
Cecílio Sadao Fugivara
Assis Vicente Benedetti

**DEP. DE FÍSICO-QUÍMICA, INSTITUTO DE QUÍMICA – UNESP -
ARARAQUARA**

Jose Maria Guilemany
Jorge Delgado

**DEP. D'ENGINYERIA QUÍMICA I METAL-LÚRGIA, FACULTAT DE
QUÍMICA – UNIVERSIDAD DE BARCELONA, ESPANHA.**

**6º COTEQ Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos
22º CONBRASCORR – Congresso Brasileiro de Corrosão
Salvador - Bahia
19 a 21 de agosto de 2002**

A informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do (s) autores

SINÓPSE

Utilizou-se a técnica de projeção térmica a alta velocidade, também conhecida como high velocity oxy-fuel (HVOF), para a obtenção de revestimentos de 75%Cr₂C₃-25%Ni,Cr que possuem elevada resistência à abrasão e devido à porosidade, menor resistência à corrosão. Durante a preparação destes revestimentos variaram-se as condições de projeção e o tipo de tratamento térmico, isso para tentar diminuir esta porosidade e com isso aumentar a resistência à corrosão. Com este objetivo, fez-se a caracterização física antes e após o estudo eletroquímico (medidas de E_{CA}, EIE e curva de polarização em meio de H₂SO₄ 0,5 M). O conjunto de dados fornecido pela caracterização física e pelas técnicas eletroquímicas mostrou que o tratamento térmico efetuado com a chama da pistola pode impedir a penetração do eletrólito. As medidas de EIE, obtidas variando-se o tempo de imersão ou a solução saturada com oxigênio, mostraram que o ataque do eletrólito, em revestimentos porosos, ocorre preferencialmente no substrato e é acelerado quando há oxigênio; e, em revestimentos não porosos o eletrólito ataca o próprio revestimento, e na presença de oxigênio na solução, este ataque é mais lento.

Palavras Chaves: *revestimentos, projeção térmica a alta velocidade, proteção de aços, corrosão.*

1. INTRODUÇÃO

A projeção térmica foi basicamente desenhada para a obtenção de revestimentos resistentes ao desgaste e a abrasão (1,2). O aumento na utilização dos revestimentos em meios cada vez mais corrosivos tornou-se necessário seu estudo frente aos mecanismos de corrosão. A projeção térmica por ser versátil, possível de aplicação desde polímeros até cerâmicas e a categoria de equipamentos de projeção já existentes no mercado, fazem desta uma técnica fundamental e de grande expansão na obtenção e reparo de qualquer tipo de peça industrial.

Segundo estimativas de 1999, o valor da indústria de projeção térmica, somente nos Estados Unidos, foi estimado em 1,7-2,5 bilhões de dólares, dados que incluem desde o equipamento (10-15%) e materiais (15-20%), até serviços (65-75%). Ainda não existe este tipo de dados para a indústria européia, mas se sabe que o crescimento anual desta indústria na Europa, centrado principalmente na Alemanha, alcança 5-8% anual. Na Europa há aproximadamente cerca de 800 companhias que aplicam a projeção térmica em diversos campos, como aviação, indústria de automóvel, do papel (2), indústria de vidro, de gás, de petróleo etc (1).

Uma vantagem desta técnica vem do fato que teoricamente, é possível projetar qualquer material apto a se fundir sem grande degradação durante o curto tempo de exposição à fonte quente. Outra vantagem tem sido a avaliação das propriedades dos revestimentos, em particular a redução de sua porosidade, que está sendo alcançada pelo uso de novos métodos de pós-tratamento (3). Vários estudos eletroquímicos (1, 5, 6, 7, 8) têm sido realizados principalmente em soluções contendo cloreto, porém pouco se conhece de em solução de H_2SO_4 (9,10).

O objetivo deste trabalho é verificar a influência de tratamentos térmicos sobre as propriedades eletroquímicas do sistema e sua resistência contra a corrosão e a influência do oxigênio contido no eletrólito no processo de corrosão do sistema: revestimento + substrato;

2. PARTE EXPERIMENTAL

O substrato utilizado foi um aço 42CrMo6 (Tabela 1) jateado com alumina, resultando numa superfície com rugosidade da ordem de $5\mu m$.

O pó projetado foi um Amdry-5420 de composição nominal de 75% Cr_3C_2 -25%NiCr, com um diâmetro médio de partícula de $37,15\mu m$ e uma densidade real de $5,91\text{ g cm}^{-3}$. O sistema de projeção foi uma pistola de Plasma Technick CDS-100. Na **Tabela 2** encontram-se as condições de projeção dos sistemas A, Q1 e Q3.

Tabela 1: Composição do aço (% em massa) utilizado como substrato.

Aço	UNS	C	Si	Mn	P	S
42CrMo6	G11200	0,22	0,28	0,51	0,02	0,02

Tabela 2: Condições de projeção do pó.

Amostra	O ₂ / L min ⁻¹	C ₃ H ₆ / L min ⁻¹	n ^o camadas	d _{proj./cm}	v/mms ⁻¹	Tratamento Térmico (TT)
A	420	60	15	30	500	--
Q1	483	69	5+10	20	500	TT
Q3	483	69	10+20	20	1000	TT

As medidas eletroquímicas foram realizadas empregando-se um Potenciostato/Galvanostato EG&G PAR modelo 273 com um Solartron Frequency Analyser modelo 1255 controlado pelo Softcorr M352W. A célula eletroquímica utilizada era composta por quatro eletrodos: o eletrodo de referência de Hg/Hg₂SO₄, K₂SO_{4(sat)} uma rede de platina como eletrodo auxiliar, um fio de Pt como quarto eletrodo e como eletrodo de trabalho, o aço revestido. Como eletrólito utilizou-se uma solução de H₂SO₄ 0,5 M saturada em ar. Foram realizadas medidas de potencial em circuito aberto (E_{CA}) em função do tempo, curvas de polarização ($\eta = -0,100 \text{ V/E}_{CA}$ a $\eta = +0,350 \text{ V/E}_{CA}$, com $v = 0,166 \text{ mV s}^{-1}$) e estudos de espectroscopia de impedância eletroquímica (EIE). As medidas EIE foram realizadas aplicando o E_{CA} com o intervalo de freqüências de 50 kHz a 10 mHz, amplitude de $\pm 5 \text{ mV rms}$ e 7 pontos por década. A caracterização física da superfície foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e microscopia óptica (MO), utilizando os microscópios de varredura TOPCON SM300 com cristal analisador de SiLi e Jeol JSM-T330A com o sistema de microanálise NORAN e um microscópio óptico da Leica DMR com analisador de imagens controlado pelo Software Leica Qwin.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na **Fig. 1** mostra-se as micrografias das amostras A e Q3, obtidas após o ataque eletroquímico (E x t, EIE e curva de polarização, totalizando 50 h em contato com o eletrólito). Observa-se que na amostra A o eletrólito consegue penetrar e atacar a interface revestimento/substrato, causando a separação dos mesmos, com formação e dissolução dos óxidos de ferro. Este por sua vez se difunde para a superfície e bordas externas da amostra. Isto já não ocorre nas amostras Q1 e Q3 nas condições do experimento. Os resultados obtidos na medida do E_{CA} frente ao tempo mostraram uma maior diminuição do potencial durante a primeira hora de imersão para o aço revestido em condições A, situando-se ao redor de $-0,83 \text{ V}$ depois de 8 h em H₂SO₄ 0,5 M (**Fig. 2**). As amostras Q1 e Q3 também apresentaram uma queda de potencial inicial, estabilizando-se em $-0,73 \text{ V}$ para Q1 e $-0,72 \text{ V}$ para Q3 a potenciais maiores que o da amostra A. A rápida diminuição do potencial na amostra A pode ser devido à quase imediata penetração do eletrólito no revestimento até atingir o aço, dando lugar a uma corrosão galvânica onde o substrato atua como anodo (4). Isto sugere que as condições de projeção e o tratamento térmico aplicado aos revestimentos Q1 e Q3 produziram uma maior proteção do substrato ao ataque ácido.

A amostra Q1 leva mais tempo para estabilizar o potencial provavelmente devido à maior diferença entre a superfície da amostra e seu interior, especialmente até a região onde foi feito o tratamento térmico. Já a amostra Q3 é mais homogênea porque foi preparada com velocidade de projeção duas vezes maior, portanto, deve ser menos tensionada em toda sua extensão. Em Q1 quando o tempo de imersão é *ca.* de 9 h há uma queda de potencial mais acentuada, que pode ser devida aos poros interconectados, que em um revestimento projetado termicamente pode agir como uma fenda, causando geralmente a quebra localizada da passividade do substrato. Bolhas podem se formar no revestimento como também pode haver um crescimento dos produtos de corrosão na interface. Em estágios avançados de corrosão, ou no caso do substrato apresentar baixa resistência à corrosão, uma camada uniforme de produtos de corrosão se forma na interface, substrato/revestimento podendo eventualmente ocorrer a separação de ambos.

As curvas de polarização de Tafel, obtidas com as mesmas amostras e após estabilização do potencial, encontram-se na **Fig. 3**. Os ramos catódico e anódico dessas curvas foram obtidos sobre a mesma área da amostra e no sentido de aumento do potencial. Portanto, é muito provável que houve contribuição da geração de hidrogênio, cujo desprendimento de micro-bolhas seria responsável pela oscilação de corrente observada no ramo catódico. As oscilações no ramo anódico podem estar associadas à formação e dissolução dos produtos de corrosão, uma vez que são observados na região de dissolução do substrato ou de oxidação do revestimento. Da observação das curvas de polarização fica nítida a inibição do processo de corrosão quando se aplica revestimento tratado termicamente, uma vez que a corrente de dissolução diminuiu. Assim, deve-se concluir que a melhor condição de aplicação do revestimento é a adotada para a amostra Q3, seguida da Q1. A partir das curvas de polarização fica muito difícil fazer qualquer estimativa dos parâmetros de Tafel, mesmo para fins comparativos, pois são diversos fatores que estão influenciando no valor medido, além da heterogeneidade do revestimento.

As medidas de EIE foram realizadas variando-se os tempos de imersão. Tentou-se ajustar diversos circuitos equivalentes por meio do programa desenvolvido por Boukamp. Os circuitos elétricos equivalentes que forneceram melhores ajustes, menores erros relativos e menor χ^2 , foram os circuitos $R_s(R_2Q_2)$ e $R_s(R_1Q_1)(R_2Q_2)$. Em $R_s(R_2Q_2)$, R_s é a resistência não compensada da solução entre o capilar de Luggin do eletrodo de referência e a superfície do eletrodo de trabalho e corresponde à resistência da solução, R_2 à resistência de oxidação do revestimento e o Q_2 está relacionado à capacitância da dupla camada elétrica de superfície heterogênea. Q significa elemento de fase constante e substitui C, capacitância, nos circuitos elétricos equivalentes quando a superfície é rugosa ou apresenta heterogeneidades. Q é composto de dois parâmetros: Y_0 e n. Um valor de $n = 1$ corresponde a uma superfície lisa, portanto Q deve ser substituído por C; $n = 0,5$ indica difusão semi-infinita e $0,5 < n < 1$ tem sido atribuído às heterogeneidades da superfície.

Nos estudos de EIE verificou-se, mesmo após estabilização do potencial e da corrente no potencial de circuito aberto, uma grande dispersão dos pontos obtidos em baixas frequências, principalmente em valores < 10 mHz. Isto pode significar que o sistema não esteja ainda totalmente estabilizado.

Para os dados da amostra A (**Fig. 4**), ajustou-se o circuito $R_s(R_2Q_2)$ para tempos curtos, onde, o valor de R_2 é alto porque o revestimento possui carbetos de cromo que não reagem, óxido de Cr, Ni e mistos de Ni e Cr muito resistivos, que predominam na superfície em relação à matriz metálica de NiCr. O valor de Y_0 está em ca. $10^{-4} S s^n$ e os valores de n estão em 0,7 indicando uma superfície bastante heterogênea. Depois de algumas horas de contato revestimento/eletrólito, o circuito equivalente que melhor ajusta os diagramas de impedância eletroquímica é $R_s(R_1Q_1)(R_2Q_2)$, onde R_1 e Q_1 estão relacionados com o substrato, e R_2 e Q_2 estão relacionados com o revestimento. Os valores de R_1 são ca. de 700Ω . O valor de n_1 está próximo de 0,5 indicando um processo de difusão do eletrólito até o substrato ou de produtos de corrosão a partir do substrato. Analisando $Y_{0,1}$ e $Y_{0,2}$ este permanece praticamente constante e na ordem de 10^{-3} , uma ordem de grandeza maior que em tempos curtos, o que para $Y_{0,2}$ sugere a penetração do eletrólito, aumentando a área de contato, ou seja, um aumento na porosidade, com diminuição do caráter capacitivo. O valor de n_2 aumenta para 0,8, indicando mais uma vez a heterogeneidade do revestimento. Já o valor de R_2 diminui o que sugere uma dissolução parcial dos óxidos além da possível dissolução da matriz metálica. Os resultados de EIE em função do tempo de imersão para esta amostra sugerem que a partir do terceiro experimento (4h), o eletrólito já alcançou o substrato e iniciou sua corrosão. Os valores de cada parâmetro e seus erros relativos encontram-se na **Tabela 3**.

Para amostra Q1 o circuito equivalente que melhor ajustou os dados experimentais (**Fig. 5 e Tabela 4**) foi $R_s(R_1Q_1)(R_2Q_2)$. O valor de R_s permanece praticamente constante, menos em Q1-1, onde o eletrólito inicia seu contato com o revestimento. Mas após 30 minutos, este valor permanece constante durante todas as medidas no intervalo de tempo do conjunto de experimentos. R_1 e R_2 , são resistências relacionadas com o revestimento, onde se tem óxidos de níquel e a matriz de NiCr que podem estar sendo atacados pelo eletrólito. Como o eletrólito não alcança o substrato no tempo do experimento (1), e não há precipitação dos produtos de corrosão, estas resistências se mantêm praticamente constantes, ao redor de 150Ω para R_1 e $1,8 k\Omega$ para R_2 .

Para amostra Q3 (**Fig. 6 e Tabela 5**), os parâmetros apresentam maior variação. O valor de R_1 aumenta conforme aumenta o tempo de contato com o eletrólito, indicando que cresce a barreira ao ataque ácido. Isso pode ser devido à maior velocidade de deslocamento da pistola e com isso a formação de camadas mais finas e compactas. Ou o tratamento térmico com a chama da pistola pode ter gerado mais óxidos tanto de níquel como de cromo. Os óxidos de cromo não sofrem oxidação nesta solução, então, se o eletrólito dissolveu os óxidos de níquel e a matriz de NiCr, a superfície pode ter ficado com uma camada rica em carbetos de cromo e óxidos de cromo, que são muito resistentes no meio; e com isso um valor alto para R_2 . Os valores de $Y_{0,1}$ e $Y_{0,2}$ aumentam e depois permanecem praticamente constantes para Q1, na ordem de 10^{-3} , indicando que não há sensíveis alterações na área de ataque. Se houver acúmulo de material resultante do processo de corrosão, este é rapidamente dissolvido, não alterando os valores de $Y_{0,1}$ e $Y_{0,2}$ ao longo das medidas. Isto não ocorre para Q3, pois os valores de $Y_{0,1}$ e $Y_{0,2}$, vão aumentando conforme aumenta o tempo de imersão, indicando a penetração do eletrólito no revestimento até um certo tempo (17 h). O valor de R_2 inicialmente é alto (Q1-1) e depois diminui, provavelmente porque nos primeiros minutos o eletrólito ainda não penetrou no interior do revestimento, estando somente na superfície. Nesta pode haver muitos

óxidos e com isso tem-se um alto valor de resistência, mas após a dissolução destes óxidos a resistência tende a diminuir. Após um certo tempo, este eletrólito penetra no revestimento atacando-o, provavelmente inicia o ataque pelos os óxidos de níquel e matriz de NiCr, contidos ao longo do revestimento. Os valores de n_1 estão próximos de 0,5 indicando um processo de difusão do eletrólito no revestimento e o valor de $n_2 \approx 0,7$ indica a heterogeneidade do revestimento, para ambas amostras.

Medidas de EIE realizadas com solução saturada ora de argônio, ora de oxigênio para as amostras Q1 e A, mostraram que o circuito elétrico que melhor se ajustou foi o $R_s(R_1Q_1)(R_2Q_2)$. Em solução saturada com O_2 houve um aumento nos valores de R_1 e R_2 para a amostra Q1, podendo ser devido ao tratamento térmico efetuado e à formação de maior quantidade de óxidos na matriz metálica. Este tratamento térmico pode ter gerado óxidos no revestimento, dificultando a redução do O_2 sobre óxidos. Uma possível formação de mais óxidos por reação de O_2 com a matriz metálica do revestimento deve aumentar sua resistência, já que nestas amostras em 2 horas o eletrólito ainda não penetrou até o substrato. Na ausência de O_2 a principal reação de redução deve ser a descarga de H^+ , que também seria mais lenta sobre óxidos.

Tabela 3: Valores para os parâmetros do circuito equivalente obtidos para o sistema A em vários tempos de imersão em H_2SO_4 0,5 M saturado em ar.

	A—1	A—2	A—3	A—4	A—5	A—6	A—7	A—8
$t_{imersão}/h$	0	0,5	4	6	10	22	46	52
R_s/W	14	15	14	14	14	14	14	13
%	1,58	1,64	0,67	0,72	0,45	0,25	0,36	0,27
R_1/W			730	626	648	655	79	160
%			16	12	6,6	3,5	54	16
$Y_o^1/10^{-3}S s^n$			2,2	2,3	2,3	2,4	2,9	4,1
%			3,4	4,3	2,7	1,6	6,8	3,8
n_1			0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
%			FIXO	FIXO	FIXO	FIXO	FIXO	FIXO
R_2/kW	33	49	1,8	0,96	0,78	0,77	0,68	0,58
%	30	6,3	2,8	4,5	3,2	1,9	6,1	3,3
$Y_o^2/10^{-3}S s^n$	1,1	2,0	2,9	6,2	7,7	8,6	5,7	7,6
%	2,5	2,9	1,13	1,4	1,0	0,59	5,4	1,1
n_2	0,71	0,74	0,84	0,79	0,77	0,76	0,77	0,74
%	0,61	0,79	0,74	1,2	0,90	0,53	1,55	0,55
$c^2/10^{-3}$	1,9	3,0	0,28	0,33	0,13	0,40	0,44	0,043

Tabela 4: Valores para os parâmetros do circuito equivalente obtidos para o sistema Q1 em vários tempos de imersão em H₂SO₄ 0,5 M saturada em ar

	Q1-1	Q1-2	Q1-3	Q1-4	Q1-5	Q1-6	Q1-8
$t_{\text{imersão}}/h$	0h	0,5	2	6	10	22	48
R_s/W	40	19	18	19	18	18	18
%	3,2	0,75	0,56	0,68	0,64	1,3	1,5
R_1/W	182	148	257	160	173	108	137
%	32	7,2	16	11	13,	15	21
$Y_{0,1}/10^{-4} S s^n$	5,2	9,7	11	9,9	10	9,7	10
%	21	4,8	2,9	4,3	3,8	9,5	9,9
n_1	0,54	0,48	0,47	0,49	0,49	0,50	0,50
%	6,3	1,3	0,87	1,3	1,1	2,6	2,8
R_2/kW	3,8	1,1	1,6	1,7	1,7	2,0	1,8
%	30	1,8	4,5	1,8	3,6	2,0	3,4
$Y_{0,2}/10^{-4} S s^n$	5,5	6,2	5,8	5,4	5,4	5,4	5,5
%	5,2	1,1	2,3	1,4	1,3	1,5	2,4
n_2	0,80	0,85	0,82	0,77	0,79	0,74	0,77
%	7,5	1,0	1,9	1,1	1,7	1,4	2,2
$c^2/10^{-4}$	14	0,88	0,57	0,88	0,76	2,9	4,4

Tabela 5: Valores para os parâmetros do circuito equivalente obtidos para o sistema Q3 em vários tempos de imersão em H₂SO₄ 0,5 M saturada em ar.

	Q3-1	Q3-2	Q3-3	Q3-4	Q3-5	Q3-6
$t_{\text{imersão}}/h$	0	0,5	7	17	31	49
R_s/W	14	14	15	13	13	13
%	6,8	1,1	2,2	1,9	1,1	2,7
R_1/kW	9,6	0,134	0,038	2,3	1,8	4,2
%	93	6,3	22	10	8,4	22
$Y_{0,1}/ S s^n$	$7,2 \cdot 10^{-4}$	$8,2 \cdot 10^{-4}$	$7,3 \cdot 10^{-4}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-3}$
%	6,1	6,0	32	6,8	3,8	8,1
n_1	0,55	0,55	0,61	0,47	0,48	0,45
%	2,4	1,6	7,4	2,1	1,1	2,7
R_2/kW		1,6	2,6	0,77	1,1	1,3
%		3,6	22	13	7,3	12
$Y_{0,2}/ S s^n$		$8,3 \cdot 10^{-4}$	$9,6 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
%		0,82	1,3	8,0	4,6	7,6
n_2		0,80	0,62	0,97	0,98	0,98
%		0,74	1,8	4,3	2,3	4,0
c^2	$1,1 \cdot 10^{-2}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-3}$

Na **Tabela 6** estão os resultados obtidos pelo ajuste do circuito elétrico equivalente com o programa desenvolvido por Boukamp para as amostras Q1 e A saturada em Ar e em O₂.

Na amostra A, ocorre o inverso da Q1, o eletrólito penetra rapidamente e esse O₂ atuaria como aceitador de elétrons acelerando a dissolução do substrato, diminuindo a resistência do sistema.

Tabela 6: Resultados obtidos pelo ajuste dos dados pelo programa desenvolvido por Boukamp, para amostras Q1 e A em solução saturada com Argônio e com Oxigênio.

Saturada com argônio								
	R/W	R ₁ /W	Y ⁰ ₁ /S s ⁿ	n	R ₂ /W	Y ⁰ ₂ /S s ⁿ	n	c ²
Q1	11	634	2,6 10 ⁻⁴	0,70	517	1,0 10 ⁻³	0,94	3,8 10 ⁻⁴
A	9	10	7,7 10 ⁻³	0,54	231	1,6 10 ⁻³	0,73	7,3 10 ⁻⁵
Saturada com oxigênio								
	R/W	R ₁ /W	Y ⁰ ₁ /S s ⁿ	n	R ₂ /W	Y ⁰ ₂ /S s ⁿ	n	c ²
Q1	16	934	6,3 10 ⁻⁴	0,92	789	1,8 10 ⁻⁴	0,72	4,4 10 ⁻⁴
A	9	37	3,2 10 ⁻³	0,62	141	1,4 10 ⁻³	0,85	2,9 10 ⁻⁵

Um aspecto importante do estudo na presença de O₂ é evitar a formação de H₂, especialmente no aço sem revestimento. A redução de oxigênio diminui a possibilidade de se estar gerando hidrogênio nos óxidos provenientes da projeção (1), pois estes podem conter defeitos onde pode ocorrer o acúmulo de hidrogênio (hidrogênio como produto químico da reação entre o metal e o ácido) devido à alta concentração de vacâncias nos óxidos. O acúmulo de hidrogênio aumenta a pressão e a tensão residual dentro dos óxidos, que pode desintegrar o óxido por micro-trincas. Conseqüentemente, os óxidos facilitariam a penetração do eletrólito no revestimento e permitiriam o ataque do substrato, diminuindo sua resistência à corrosão.

4. CONCLUSÕES

O revestimento que apresentou melhores características contra a corrosão foi a amostra Q3.

Os dados de EIE mostraram que para revestimentos onde o eletrólito penetra até o substrato, seja por poros, trincas, dissolução de óxidos ou da matriz, o ataque é preferencial ao substrato, havendo o descolamento do revestimento. Quando o eletrólito não atinge o substrato, são preferencialmente atacados os óxidos e a matriz de NiCr do revestimento.

A quantidade de oxigênio na solução de trabalho influi nas características eletroquímicas: se o eletrólito alcança o substrato, este diminui sua resistência; e se o eletrólito não atinge o substrato, este aumenta sua resistência contra a corrosão. Ou seja, a influência do oxigênio vai depender do processo de obtenção do revestimento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) DELGADO, J.; **Fenomenología y caracterización de la resistencia a la corrosión electroquímica en diversos medios agresivos de recubrimientos obtenidos por proyección térmica**, 2001. 515f. Tese (Doutorado), Universidade de Barcelona, Barcelona.
- (2) KINOS, T.; CHEN, S. L.; SIITONEN, P.; KETTUNEN, P. Corrosion properties of shrouded plasma sprayed titanium coatings. **Proceedings of ITSC'95**, Kobe, May, p. 573-576, 1995.
- (3) PAWLOWSKI, L. **The science and engineering of thermal spray coatings**. J.Wiley & Sons ed, 1995, 414p.
- (4) ASHARY, A. A.; TUCKER, JR. R. C. Electrochemical Corrosion Studies of Alloys Plasma Sprayed with Cr₂O₃. *Surface and Coatings Technology*, 39/40, p. 701-709, 1998.

(5) GUILMANY, J.M.; FERNANDEZ, J.; Delgado, J. Electrochemical measurements and characterisation of a thermal sprayed HVOF Cr₃C₂-NiCr coating in a corrosive environment. THERMAL SPRAT CONFERENCE, Düsseldorf, p. 474-478, 1999.

(6) GUILMANY, J. M.; FERNÁNDEZ, J.; BENEDETTI, A. V.; DELGADO, J.; Estudio y caracterización de la resistencia a la corrosión de recubrimientos de cermets obtenidos mediante proyección térmica de alta velocidad (HVOF). ANALES DEL CONGRESO IBEROAMERICANO DE ELECTROQUÍMICA, Oaxaca, México, 7-13 de Mayo de 2000.

(7) GUILMANY, J.M.; CABOT, P.L.; FERNANDEZ, J.; PACO, J. M.; SANCHEZ, J. Improving the marine water corrosion resistance of steels HVOF coated with WC + 12 Co or WC + 10% Co + 4% Cr, **Materials, Functionality & Design**, v. 1, p. 771-774, 1997.

(8) BENEDETTI, A. V.; GUILMANY, J. M.; FERNÁNDEZ, J.; DELGADO, J. Study and characterisation of the corrosion resistance of Cr₃C₂-NiCr coatings obtained by high velocity oxy-fuel spraying (HVOF). ANALES DEL CONGRESO IBEROAMERICANO DE MATERIALES, IBEROMET, Barcelona, España, 18-20 de Junio de 2000.

(9) P. H. Suegama, A. V. Benedetti, C. S. Fugivara, J. M. Guilemany, J. Delgado, Electrochemical Behaviour of Thermally Sprayed Cr₃C-NiCr Coatings In 0.5M H₂SO₄ Environment, **J. App. Electrochem.** – submetido.

(10) P. H. Suegama, A. V. Benedetti, C. S. Fugivara, J. M. Guilemany, J. Delgado, Microstructure of Coatings Obtained by High Velocity Oxygen-Fuel Spraying (HVOF), **Acta Microscópica** – submetido.

6. AGRADECIMENTOS: FAPESP (Proc. 00/01893-9), CNPq (Proc. 521569/95-8) e S.C.T. da Universidade de Barcelona, Espanha.

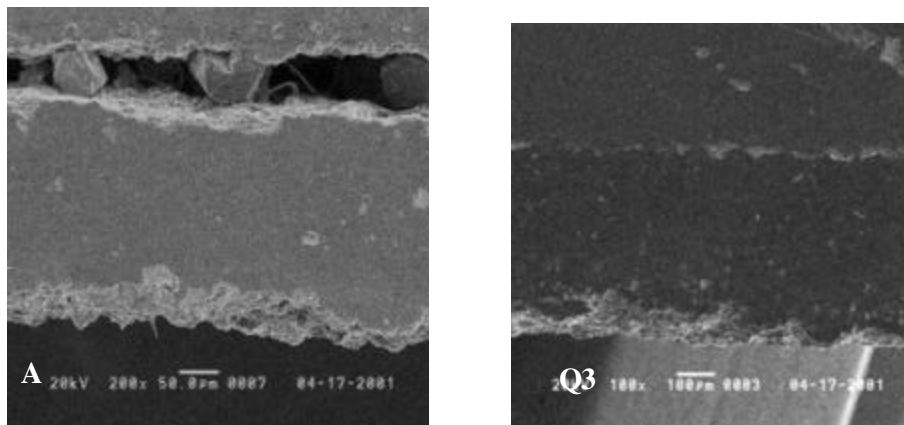


Figura 1: Micrografia da amostra revestida nas condições A e Q3 após ataque eletroquímico (E x t por 42 h, EIE e curva de polarização).

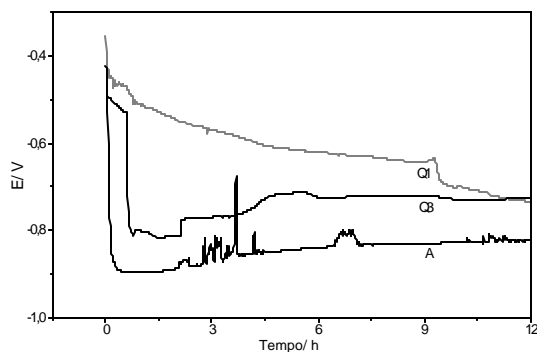


Figura 2: Gráfico do potencial de circuito aberto em função do tempo para as amostras revestidas nas condições A, Q1 e Q3.

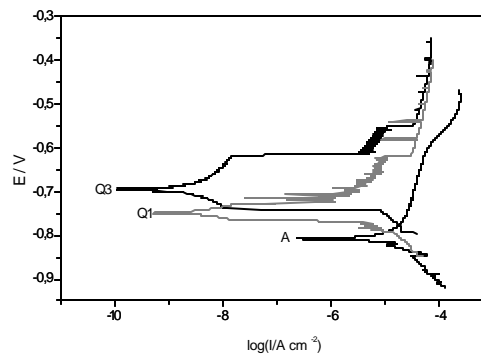


Figura 3: Curva de polarização obtida para as várias amostras em H₂SO₄ 0,5 M arejada e sem agitação.

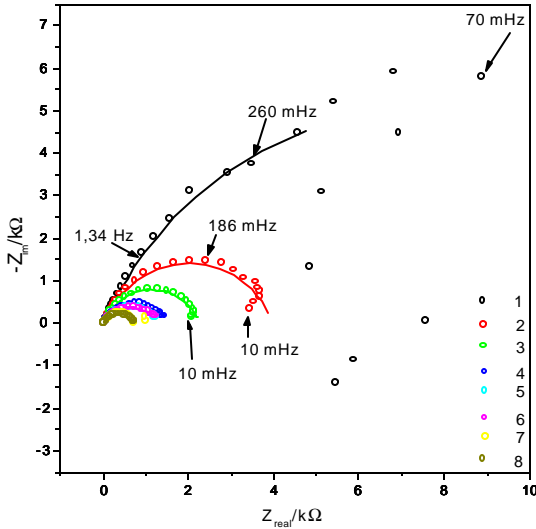


Figura 4: Diagramas de impedância experimental (o) e ajustado (-) para a amostra A variando-se os tempos de imersão de (1)- 0 h, (2) 0,5 h, (3) 2 h, (4) 6 h, (5) 10 h, (6) 22 h, (7) 46 h, (8) 52 h aplicando E_{CA} em solução arejada e não agitada de H_2SO_4 0,5 M.

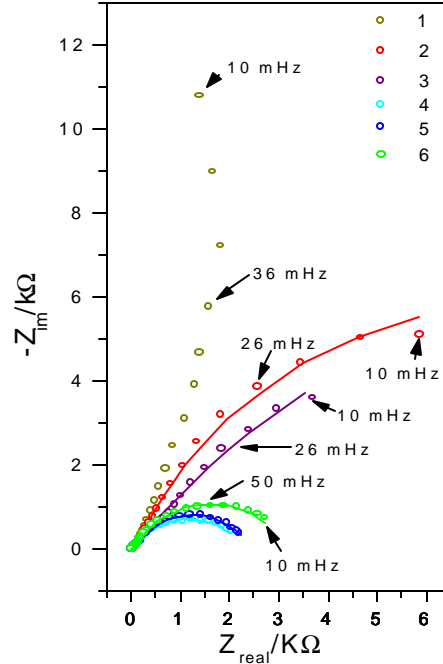


Figura 6: Diagramas de impedância experimental (o) e ajustado (—) para a amostra Q3 variando-se os tempos de imersão de (1) 0 h, (2) 0,5 h, (3) 7 h, (4) 17 h, (5) 31 h e (6) 49 h aplicando E_{CA} em solução arejada e não agitada de H_2SO_4 0,5 M.

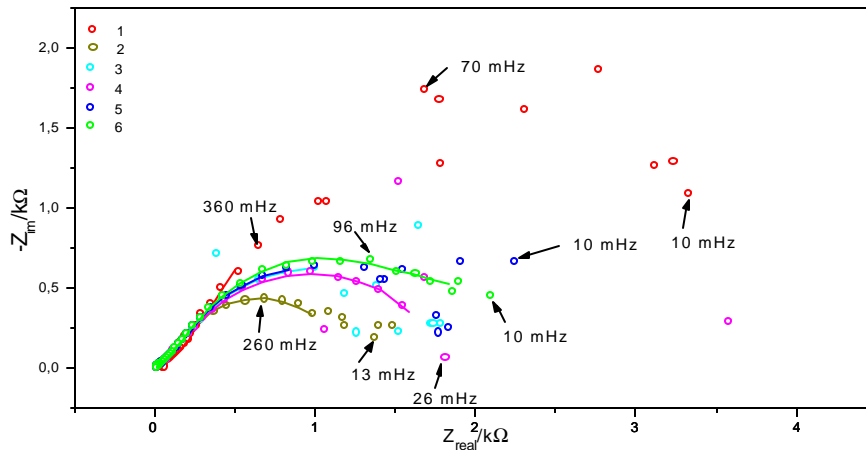


Figura 5: Diagramas de impedância experimental (o) e ajustado (—) para a amostra Q1 variando-se os tempos de imersão de (1) 0 h, (2) 0,5 h, (3) 2 h, (4) 6 h, (5) 10 h e (6) 22 h aplicando E_{CA} em solução arejada e não agitada de H_2SO_4 0,5 M.