

# Eclética Química

*Print version* ISSN 0100-4670 *On-line version* ISSN 1678-4618

Eclet. Quím. vol.22 São Paulo 1997

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-46701997000100010>

**Caracterização e estudo da corrosão do amálgama dentário Dispersalloy por meio das técnicas de polarização potenciodinâmica e espectroscopia de impedância**

Heloísa Andréa ACCIARI\*

Antonio Carlos GUASTALDI\*

Germano TREMILIOSI FILHO\*

**RESUMO:** Neste trabalho realizou-se um estudo de caracterização metalúrgica do amálgama dentário Dispersalloy produzido pela empresa Dentsply Ind. e Com. Ltda., por meio da análise da sua composição química, utilizando-se a técnica espectrofotométrica de absorção atômica, procedendo-se em seguida, a análise metalográfica, utilizando-se microscopia eletrônica de varredura. A seguir, foi realizado um estudo de resistência à corrosão, utilizando-se técnicas eletroquímicas tradicionais de polarização e espectroscopia de impedância, em meio e condições que simulam a agressividade do ambiente bucal. Para isto, as amostras foram obtidas pelo processo de amalgamação mecânica, método usualmente utilizado pelos dentistas no próprio consultório, para a preparação da restauração dentária. A liga comercial Dispersalloy, representante da categoria de amálgamas de alto teor de cobre, tipo fase dispersa, foi escolhida para este estudo por ser bastante comercializada nos mercados nacional e internacional e, também por ser uma liga metálica moderna, bastante estudada, mas que ainda sofre corrosão no meio bucal. **PALAVRAS-CHAVE:** Amálgama dentário; impedância espectroscópica; corrosão; polarização potenciodinâmica; Dispersalloy.

## **Introdução**

Amálgama dentário é a combinação do mercúrio com uma liga contendo prata, estanho e cobre, além de zinco ou outros elementos em menores proporções.<sup>5</sup>

Para efeito de pesquisa, os amálgamas podem ser divididos em três grandes grupos:

1 de composição convencional (concentração de cobre menor que 6%), na qual, durante o processo

de endurecimento da liga de amálgama, forma-se a fase  $g_2$  ( $Sn_7Hg$ ), a mais suscetível à corrosão e que permanece durante toda a vida deste material;

2 de alto teor de cobre, tipo fase dispersa, na qual durante o processo de endurecimento da liga, forma-se a fase  $g_2$ , a qual é posteriormente destruída às custas de sua reação com o eutético AgCu, aproximadamente em uma semana, dando lugar ao aparecimento da fase  $h'$  ( $Cu_6Sn_5$ ), que é a mais resistente à corrosão, entre todas as fases presentes em amálgamas;

3 de alto teor de cobre, tipo partículas de composição única, na qual não se forma a fase  $g_2$ , mas sim, a fase  $h'$  ( $Cu_6Sn_5$ ), que é a mais resistente à corrosão, entre todas as fases presentes em amálgamas.

Desde que o amálgama começou a ser utilizado na odontologia como material restaurador dentário, muitas pesquisas foram desenvolvidas, na tentativa de melhorar as propriedades mecânicas pela alteração de sua composição química. Além disso, este material passou a ser bastante explorado por pesquisadores, haja vista, polêmicas surgiram sobre a toxidez do elemento mercúrio presente na liga e também pelo fato deste material ser suscetível à corrosão, devido à agressividade do ambiente bucal.

A despeito de algumas considerações sobre os efeitos biológicos de amálgamas aplicados clinicamente em restaurações dentárias, sobre seus usos e riscos, este material ainda mantém a sua popularidade. Somente na Alemanha Ocidental, em 1989, 37,8 milhões de restaurações de amálgamas foram realizadas.<sup>18</sup> Além disso, é estimado que cerca de 100 milhões de preenchimentos de cavidades dentárias com amálgamas são realizados anualmente nos Estados Unidos.<sup>3</sup>

Não é de se surpreender que a implantação de um material restaurador dentário que contenha o elemento mercúrio, bem conhecido pela sua elevada toxidez, além de cobre e zinco, cujos sais são venenosos e discutíveis do ponto de vista farmacológico, tenham gerado muitas controvérsias sobre seus usos e riscos.

Embora o uso de metais pesados de elevada toxidez biológica como constituintes destes amálgamas seja contestável, a falta de materiais alternativos coloca-os como os melhores materiais restauradores.<sup>5,7</sup>

Em razão do conhecimento dos efeitos biológicos e da incompatibilidade de vários constituintes do amálgama, um estudo do seu comportamento frente a corrosão, torna-se necessário.<sup>7</sup> A situação complica-se com o crescente número de substâncias químicas presentes nos alimentos e remédios que podem interagir com estes metais na boca.<sup>13</sup>

Teoricamente, o mercúrio liberado no meio bucal, e responsável pela toxidez, pode ser liberado do amálgama pelo processo de corrosão resultando na limitação da estabilidade microestrutural, pelas variações de composição das possíveis fases nele existentes, que podem ocorrer com o tempo.<sup>8</sup>

Pelos recentes estudos sobre a liberação de mercúrio de amálgamas dentários sugere-se a possibilidade de formação de uma camada de passivação por um filme de óxidos na superfície do amálgama, interferindo com o processo de dissolução dos componentes metálicos, diminuindo

substancialmente os níveis de liberação deste elemento.<sup>4,9,10,11,12</sup> Esta hipótese é suportada pelo fato de que a velocidade de liberação do mercúrio é elevada, quando se utiliza atmosfera inerte de argônio como meio, e diminui drasticamente quando ar é introduzido, ou seja, quando a oxidação pode ocorrer.<sup>9</sup>

Com respeito a estas considerações Soh, et al.<sup>16</sup> propuseram-se a examinar o efeito do pH na liberação de mercúrio de dois tipos de amálgamas dentários, em estudo realizado *in vitro*. Para este propósito foram selecionados dois produtos conhecidos no mercado odontológico: Contour (Kerr/Sybron Corp) e Composil (Dentare Products). O Contour é uma liga de amálgama de alto teor de cobre, enquanto Composil consiste de prata combinada com mercúrio, livre de estanho e cobre.<sup>16</sup>

As amostras de cada grupo foram imersas em 10 ml de solução de ácido cítrico a pH=2,5 e pH=7,0, mantida a 37°C. Ambas as amostras imersas em pH=2,5, liberaram quantidades de Hg significativamente maiores que aquelas a pH=7,0. O Composil apresentou uma velocidade de liberação de 185,0 e 15,2 mg/cm<sup>2</sup>/24 horas a pH=2,5 e pH=7,0, respectivamente. Os valores correspondentes para o Contour foram 0,43 e 0,18 mg/cm<sup>2</sup>/24 horas a pH=2,5 e pH=7,0, respectivamente. A baixos valores de pH, Composil apresentou um aumento desproporcional na liberação de mercúrio, quando comparado ao Contour. O mecanismo mediador da grande liberação de mercúrio a baixos valores de pH dos dois tipos de amálgamas dentários não foi estabelecido neste estudo. Escolheu-se o nível de pH=2,5 por ser este valor frequentemente encontrado na cavidade bucal. As medidas de pH nas bebidas mais populares, como sucos de frutas vendidos em supermercados, oscilam entre 2,0 e 3,0. Escolheu-se o tampão de ácido cítrico por ser este ácido um ingrediente comum nas bebidas testadas.<sup>16</sup>

Os eletrólitos usados com frequência no estudo de corrosão de materiais dentários são as soluções salinas e a denominada solução de Ringer. Os cloretos, fosfatos, bicarbonatos, tiocianatos, bem como os ácidos orgânicos, além das proteínas e enzimas, têm um importante papel nos processos químicos e eletroquímicos, podendo formar biofilmes em superfícies sólidas. A camada inicial, denominada película, é formada pela saliva que interage com materiais metálicos e proteínas, inclusive com glicoproteínas.<sup>13</sup>

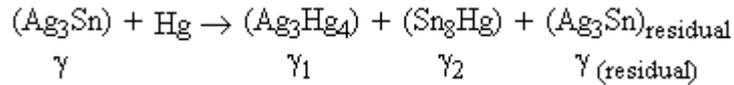
Todos os fenômenos relacionados às interações já descritas podem proporcionar resultados que influem na qualidade do material restaurador, de interesse clínico. A questão fundamental, avaliada pelos cientistas da área de materiais, reside em se estabelecer a magnitude dos efeitos causados por estas interações dos metais com o meio, e também, na solução para minimizar os eventuais danos causados por estes efeitos.<sup>13</sup> Para a compreensão global dos fatores que condicionam a qualidade do amálgama dentário, um estudo metalográfico também se faz necessário.

No amálgama convencional as fases são formadas pelo composto intermetálico Ag<sub>3</sub>Sn (fase g), podendo ocorrer também uma solução sólida de Sn em Ag (fase b).<sup>6</sup>

Nesta reação inicial pode existir uma pequena concentração de cobre e zinco. Se houver menos de 2,5% de cobre total, o cobre pode permanecer dissolvido em outras fases, porém, se sua concentração dentro da amostra for superior a 2,5%, pode formar Cu<sub>3</sub>Sn (fase e) e Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> (fase h').<sup>6</sup>

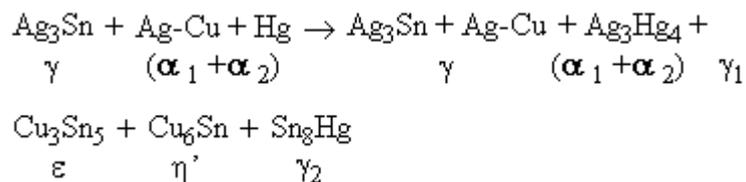
Quando a fase g está em contato com o mercúrio, há uma reação na superfície da liga, de forma que o mercúrio deve reagir à prata por um lado e ao estanho por outro, formando assim  $Ag_3Hg_4$  e  $Sn_8Hg$ . Estes dois novos compostos chamam-se fases  $g_1$  e  $g_2$ , respectivamente.<sup>6</sup>

A reação de amalgamação inicial, conforme citada na literatura<sup>6</sup> pode então, ser descrita como:



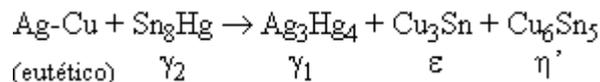
Quando ocorre a amalgamação das ligas de alto teor de cobre, a prata que se libera da composição eutética, pode produzir com o mercúrio a fase denominada  $Ag_3Hg_4$  (fase  $g_1$ ).<sup>6</sup>

Portanto, a reação prevista será:

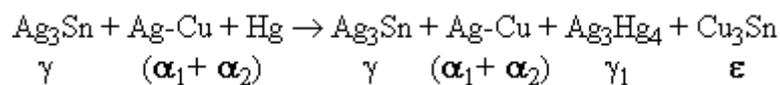


Ao final de uma semana, toda a fase  $g_2$  que tenha se formado, deve desaparecer do amálgama, a partir disto, os amálgame poderão ser denominados de "não- $g_2$ ".<sup>6</sup>

A reação que ocorre durante aproximadamente uma semana e que leva ao desaparecimento de  $g_2$  pode ser equacionada da seguinte forma:



Durante o primeiro ano a fase  $Cu_6Sn_5$  ( $h'$ ) deve transformar-se em  $Cu_3Sn$  ( $e$ ), que é uma forma mais estável da união do cobre com o estanho. Ao final de um ano, o amálgama resulta em uma composição estável, à base de quatro fases, como mostra a reação equacionada abaixo:<sup>6</sup>



Por serem avaliados comercialmente e por oferecerem mais vantagens sobre os amálgame convencionais, Smales<sup>15</sup> propuseram-se a examinar diferentes amálgame de alto teor de cobre (Dispersalloy, Valliant PhD e Lojic Extra) em restaurações de dentes posteriores, adotando como critérios de avaliação características superficiais e marginais desses amálgame. A Dispersalloy foi escolhida como material de controle para comparação com outras ligas e foi a que melhores resultados apresentou. Os amálgame de baixo teor de cobre são geralmente mais suscetíveis à corrosão devido a presença da fase  $Sn_8Hg$ , de baixa estabilidade. As fases contendo estanho são protegidas contra a corrosão pela formação de um filme passivo de óxido que pode ser desestabilizado por cloretos.<sup>15</sup>

Moberg<sup>14</sup> estudou as variações no potencial de corrosão e na polarização anódica de amálgame

durante a imersão em solução de NaCl 0,9% (p/p).

Em soluções de NaCl tamponadas com fosfato, a densidade de corrente máxima, isto é, o primeiro pico, foi observada em potenciais elevados (-150 a +100mV) e, em potenciais maiores que +400 mV, a densidade de corrente foi menor que em solução não-tamponada. O amálgama de alto teor de cobre, tipo fase dispersa, no estado não corroído, mostrou um pico principal de densidade de corrente a 200-300 mV em ambos os tipos de soluções. Para potenciais maiores que +400 mV com tampão-fosfato, a densidade de corrente foi menor. Para o amálgama de alto teor de cobre não corroído, em solução de NaCl 0,9 % (p/p) um pico principal de densidade de corrente (300 mV) foi observado. Um leve aumento na densidade de corrente também foi registrado em torno de +800 mV (similar ao amálgama convencional). Todavia, em solução de NaCl 0,9 % (p/p) tamponada com fosfato, o amálgama mostrou tal passivação durante a varredura anódica.<sup>14</sup>

## **Material e métodos**

### **Preparação dos corpos-de-prova**

O corpo-de-prova de amálgama foi obtido por meio de trituração mecânica, na qual foi utilizada uma cápsula plástica com massa e diâmetro internos determinados, acoplada a um amalgamador mecânico Capmaster com as seguintes características: 115V e 60Hz. Foram obedecidas as exigências contidas na Especificação n.1 para amálgamas dentários da ADA.<sup>2</sup>

Para a preparação dos corpos-de-prova, esta mesma norma exige que seja usado um método totalmente mecânico de condensação, utilizando ainda um dispositivo denominado matriz para espécimes de amálgama dentário. Informações detalhadas sobre a preparação dos corpos-de-prova pode ser encontrada na literatura especializada.<sup>17</sup>

### **Análise química**

Para a determinação da composição química, foram removidas quantidades suficientes de material em estudo. Após a coleta do material removido, submeteu-se à análise química por meio de espectrofotometria de absorção atômica.

### **Análise metalográfica**

A preparação superficial das amostras foi feita com o auxílio de lixas de diferentes granulações (400, 600 e 1000), procedendo-se, em seguida, polimento com alumina utilizando-se partículas de 1 e 0,3 mm. Após o polimento, as superfícies expostas foram submetidas aos ataques químicos para a revelação das possíveis fases microestruturais existentes. Utilizou-se o ataque sugerido por Abbot & Makinson,<sup>1</sup> com uma solução de 4% (p/p) de iodo em álcool etílico, em contato com a superfície metálica por 15 segundos. Foi utilizado o método de microscopia eletrônica de varredura, com analisador de energia dispersiva de raios X acoplado ao microscópio eletrônico, permitindo análises localizadas qualitativas e semiquantitativas.

O corpo-de-prova utilizado para exame metalográfico foi conectado a um fio de cobre e embutido em resina polimérica com uma das suas superfícies exposta, constituindo assim, o eletrodo de trabalho.

## Ensaio eletroquímicos

Após o devido polimento, este eletrodo foi introduzido na célula eletroquímica e mantido imerso na solução de trabalho por pelo menos 20 horas e, a seguir, foi submetido aos ensaios eletroquímicos por meio do emprego de técnicas de polarização do estado estacionário.

Uma solução de NaCl 0,9% (p/p), que simula a agressividade bucal, foi empregada como solução de trabalho. Todos os ensaios foram feitos em soluções aeradas, à temperatura ambiente e sem controle atmosférico.

O contra-eletrodo utilizado foi um cilindro de grafite de alta pureza e como sistema de referência foi adotado o eletrodo de calomelano saturado ao qual todos os potenciais do presente trabalho se referem.

Os diagramas de impedância foram obtidos pela aplicação de um sinal senoidal de pequena amplitude (10 mV pico a pico) empregando um analisador de resposta de frequência modelo 1255 Solartron acoplado a uma interface eletroquímica 1187 Solartron, controlados por um computador tipo PC. A faixa de frequência estudada foi de 100 KHz a 1 mHz.

## Resultados e discussão

A [Tabela 1](#) apresenta a composição química da liga original e do amálgama formado obtida por espectrofotometria de absorção atômica.

Tabela 1 - Composição química (% p/p) da liga original e do amálgama por análise espectrofotométrica de absorção atômica

Dispersalloy	Ag	Sn	Cu	Zn	Hg
Liga Original	67,0	18,5	10,7	0,81	—
Amálgama	29,9	7,33	4,55	0,39	43,1

A recomendação fornecida pelo fabricante da liga metálica original prescreve que para a preparação do amálgama propriamente dito, deve se utilizar a proporção liga/mercúrio de 1:1.

Comparando-se os valores obtidos para a liga original e para o amálgama, observou-se que as proporções entre os próprios elementos para a liga em estudo e para o correspondente amálgama formado, são muito próximas. Conclui-se, portanto, que não houve perda considerável de material durante o processo de amalgamação.

Uma análise semiquantitativa também foi realizada com o auxílio de um analisador de energia dispersiva espectroscópica, acoplado ao microscópio eletrônico de varredura, que tornou possível também a identificação microestrutural deste material. Pelas [Figuras 1](#) a [6](#), observa-se o resultado dos mapas elementares obtidos por energia dispersiva espectroscópica (EDS) para os principais constituintes do amálgama em questão.

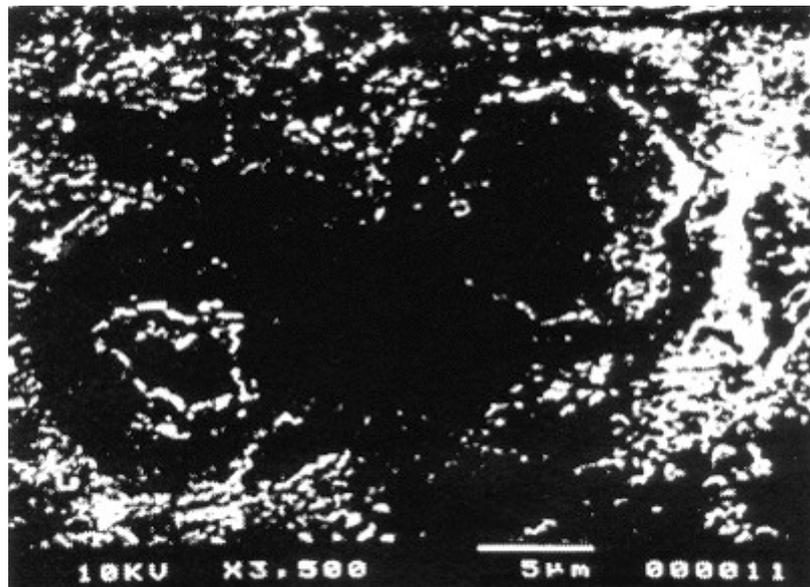


FIGURA 1 - Amalgama Dispersalloy (MEV).

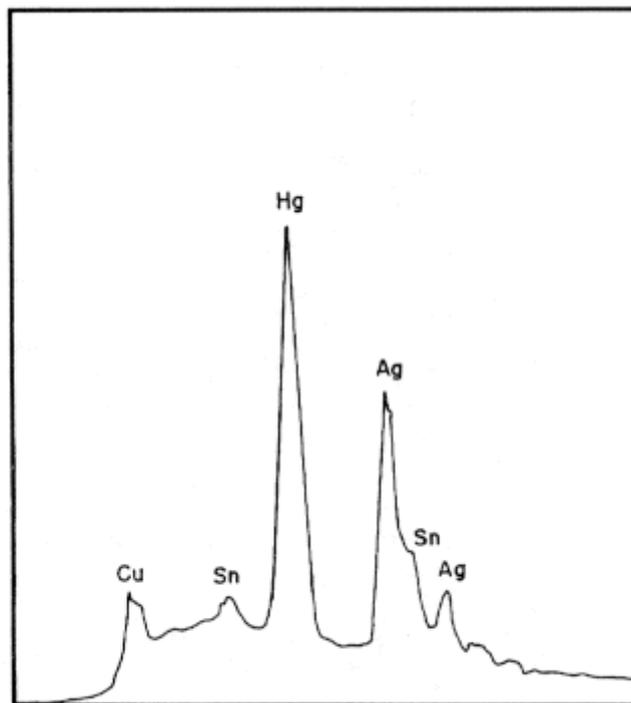


FIGURA 2 - Espectro obtido por EDS para o amalgama Dispersalloy.

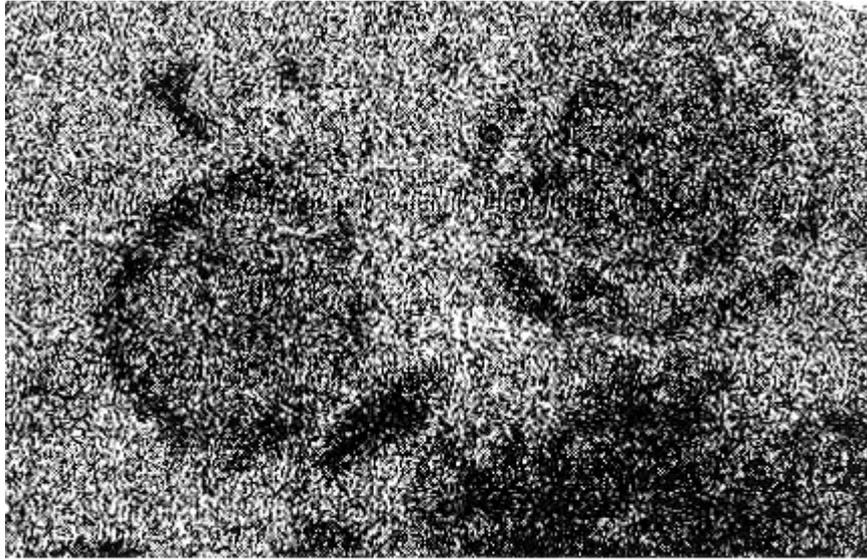


FIGURA 3 - Mapa elementar para Hg.

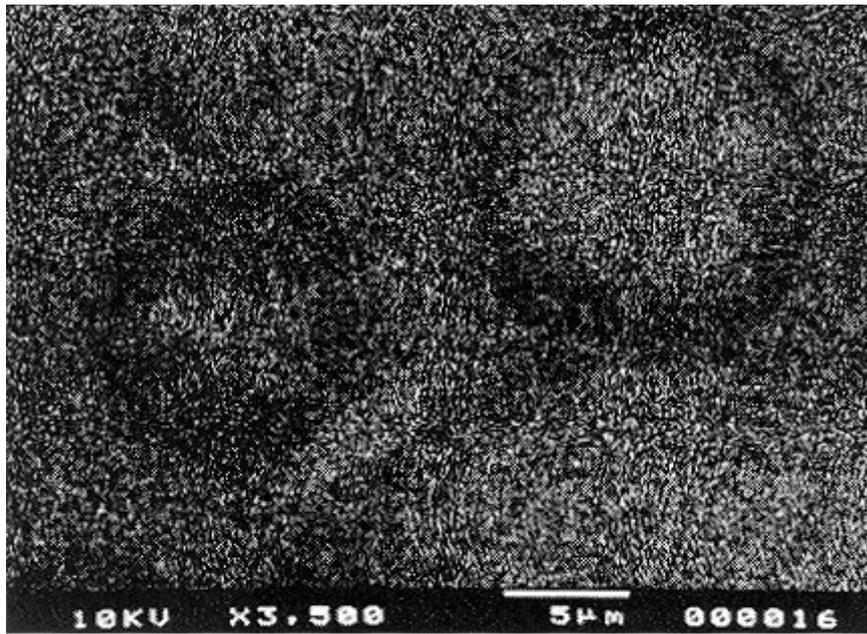


FIGURA 4 - Mapa elementar para Ag.

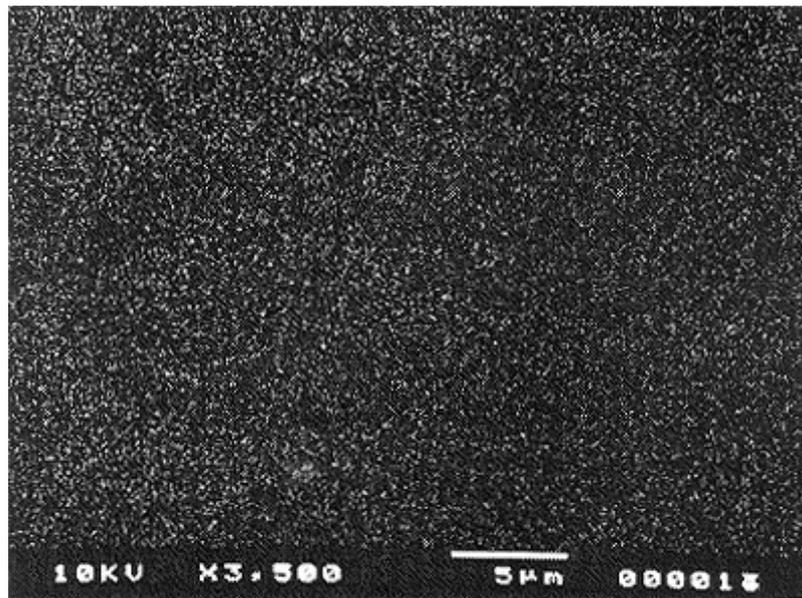


FIGURA 5 - Mapa elementar para Sn.

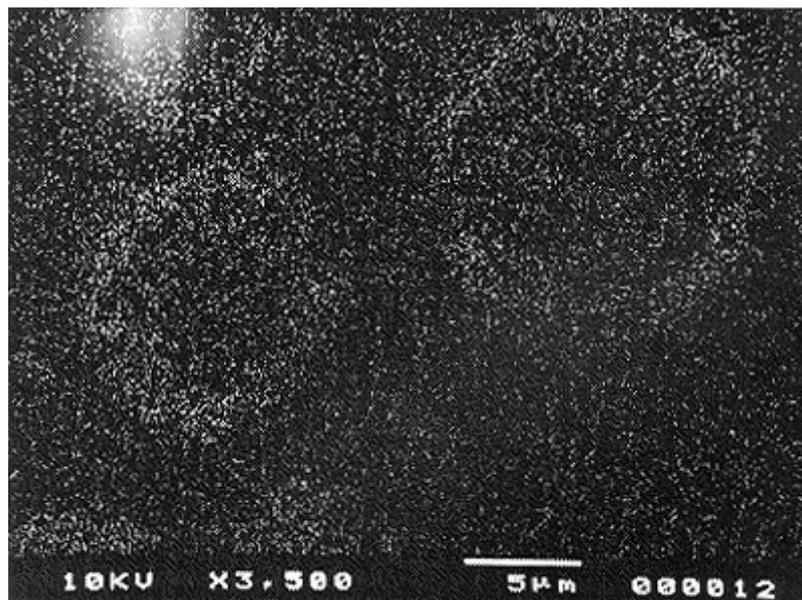


FIGURA 6 - Mapa elementar para Cu.

Por meio da obtenção do espectro de energia dispersiva de raios X ([Figura 2](#)), bem como da utilização da técnica de mapeamento das regiões correspondentes à [Figura 1](#), observam-se elevadas proporções dos elementos Hg e Ag, em concordância com os dados obtidos pela análise da composição química.

A análise por mapeamento permitiu observar que no amálgama em questão, Dispersalloy (alto teor de cobre, tipo fase dispersa), o elemento cobre encontra-se quase que totalmente concentrado nas regiões em torno do eutético Ag-Cu, que não reagiu durante o processo de trituração. Esta

observação está de acordo com informações presentes na literatura especializada.

Os elementos Hg e Ag, também encontram-se distribuídos de forma diferenciada neste amálgama, sugerindo que elevada quantidade de mercúrio presente ([Figura 3](#)) esteja concentrada na fase  $g_1$  ( $Ag_2Hg_3$ ), pois o mapeamento para prata ([Figura 4](#)) indica a presença desse elemento na mesma região onde se encontra o mercúrio.

A abundância de prata no interior dos dois círculos mostrados na micrografia correspondente à [Figura 4](#), indica a presença do eutético Ag-Cu nestas regiões, pois o mapeamento para cobre indicou a presença deste elemento nestas mesmas regiões, muito embora, ele esteja mais concentrado nos círculos em torno do eutético que, conforme descreve a literatura, refere-se à fase h ( $Cu_6Sn_5$ ).

Pela [Figura 7](#), ilustrada seguir, está representada a micrografia do amálgama sob estudo. Por meio dela, torna-se possível distinguir partículas do eutético Ag-Cu, também presentes na liga original para amálgama dentário, rodeadas pela fase h' ( $Cu_6Sn_5$ ).

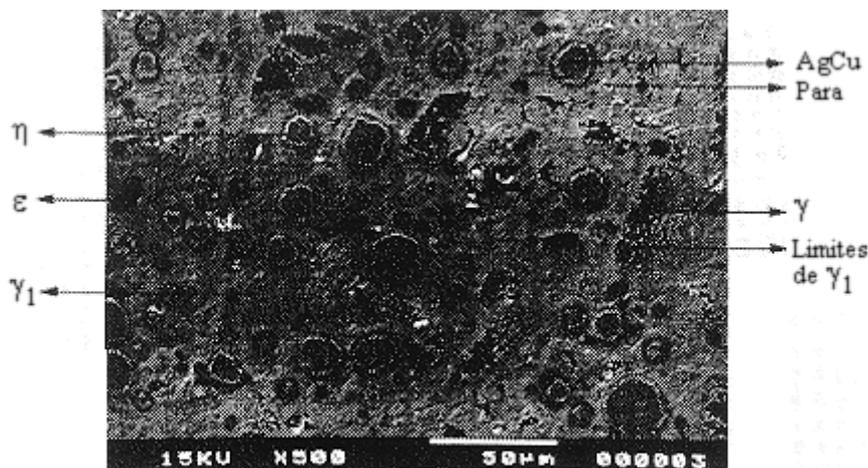


FIGURA 7 - Amálgama Dispersalloy (MEV).

Para o amálgama de fase dispersa, g inicialmente reage com mercúrio para formar  $g_1$  e  $g_2$ , assim como nos amálgamas de baixo teor de cobre. A formação destas duas fases leva consigo um processo de cristalização crescente que conduz ao endurecimento do amálgama. Além da formação destas duas fases, há uma reação adicional entre  $g_2$  e partículas de Ag-Cu para formar h e  $g_1$  adicional. A fase h forma-se como círculos em torno das partículas dispersas também distribuídas na matriz  $g_1$ .

As medidas eletroquímicas de polarização, [Figura 8](#), foram obtidas a 1,0mV/s, sobre uma ampla faixa de potencial (-500 a +500mV . E.C.S.). Na região anódica de cada uma destas curvas, observou-se uma ampla faixa ativa com diferentes velocidades de dissolução dos componentes metálicos. A diminuição da velocidade de dissolução metálica dentro da faixa ativa inicia-se a aproximadamente a -150mV alcançando um máximo até +100mV (ECS), caracterizando uma "pseudopassivação", pois embora a velocidade de dissolução metálica diminua nesta faixa, a

densidade de corrente anódica, mesmo de forma mais gradativa, ainda continua a aumentar.

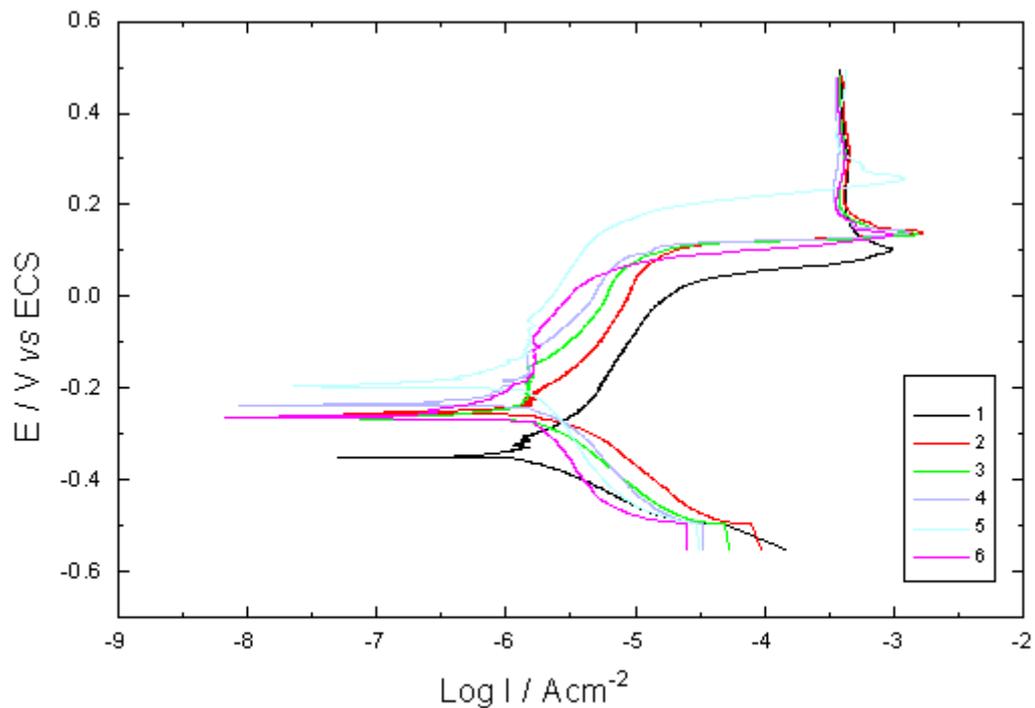


FIGURA 8 - Curvas de polarização potenciodinâmica (1mV/s) em solução aerada de NaCl 0,9% (p/p) para o amálgama Dispersalloy.

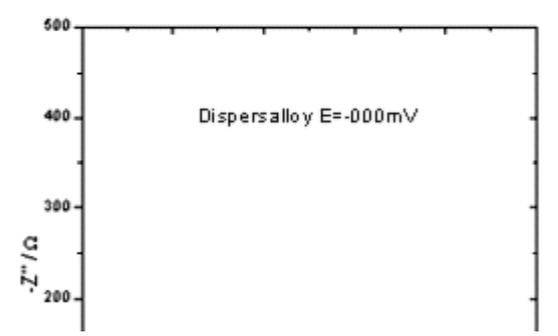
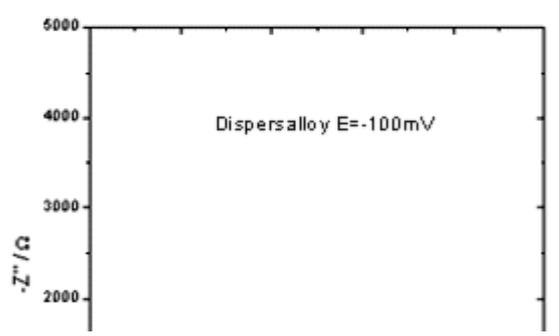
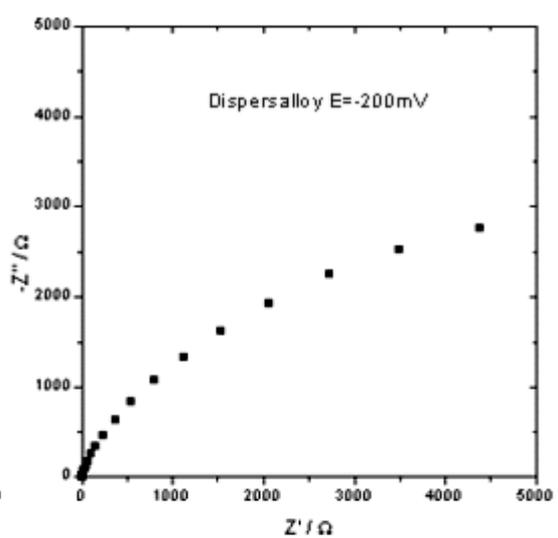
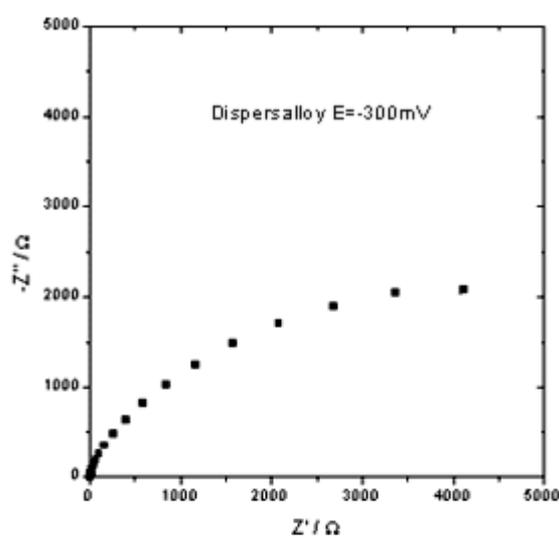
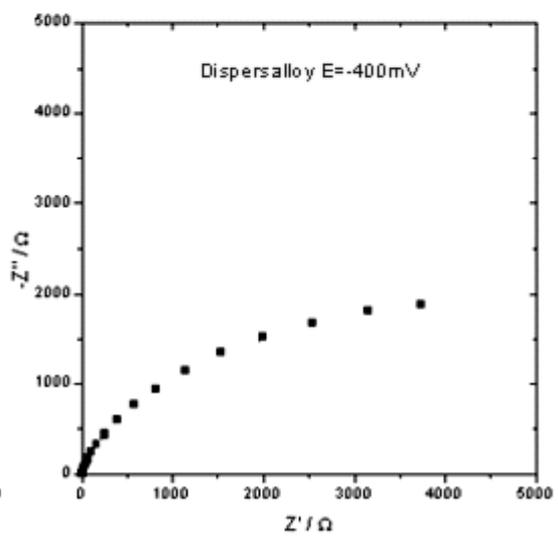
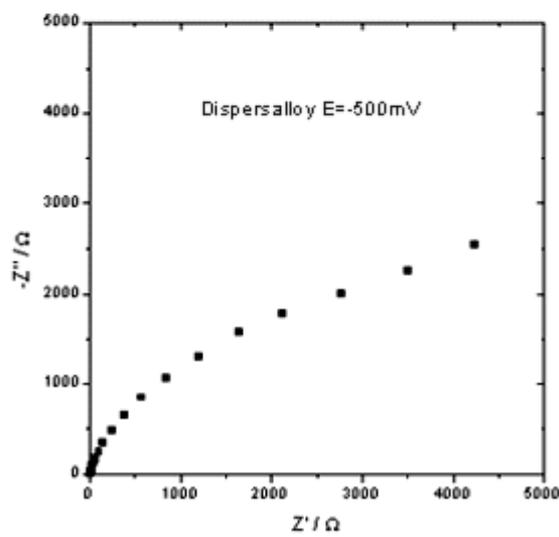
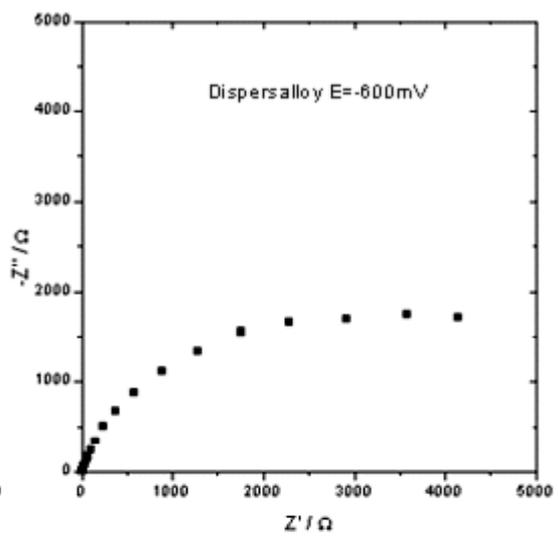
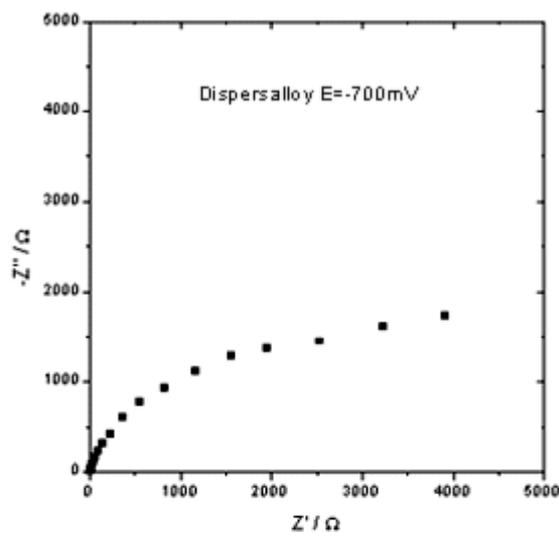
Pode ser observado também que, após um determinado potencial, a corrente mantém-se aproximadamente constante para uma ampla faixa de potencial registrada na região anódica da curva de polarização. Isto se deve talvez, à formação dos produtos de corrosão insolúveis, semi-aderentes, que permanecem na superfície do eletrodo, sendo facilmente removidos.

Pela [Tabela 2](#), observam-se os parâmetros cinéticos obtidos por meio das curvas de polarização obtidas, reproduzindo-se as mesmas condições de trabalho, utilizando-se solução aerada de NaCl 0,9% (p/p).

Tabela 2 - Parâmetros Cinéticos Obtidos A Partir das Curvas de Polarização Potenciodinâmica (1mV/s) Para O Amálgama Dispersalloy

Amálgama Dispersalloy	$E_{corr}(mV)$	$I_{corr} (\mu A/cm^2)$	$R_p (K\Omega cm^2)$
1	-347	1,49	8,77
2	-399	2,78	9,33
3	-410	2,05	14,8
4	-371	1,86	1,57
5	-390	1,18	2,20
6	-407	1,52	3,35

Os diagramas de espectroscopia de impedância faradaica, [Figuras 9 e 10](#), foram obtidos dentro de uma ampla faixa de potencial (-0.7 a 0.5 V/ECS), que compreende o potencial de corrosão. Para este caso, foram selecionados três potenciais em que foram observadas variações nas curvas.



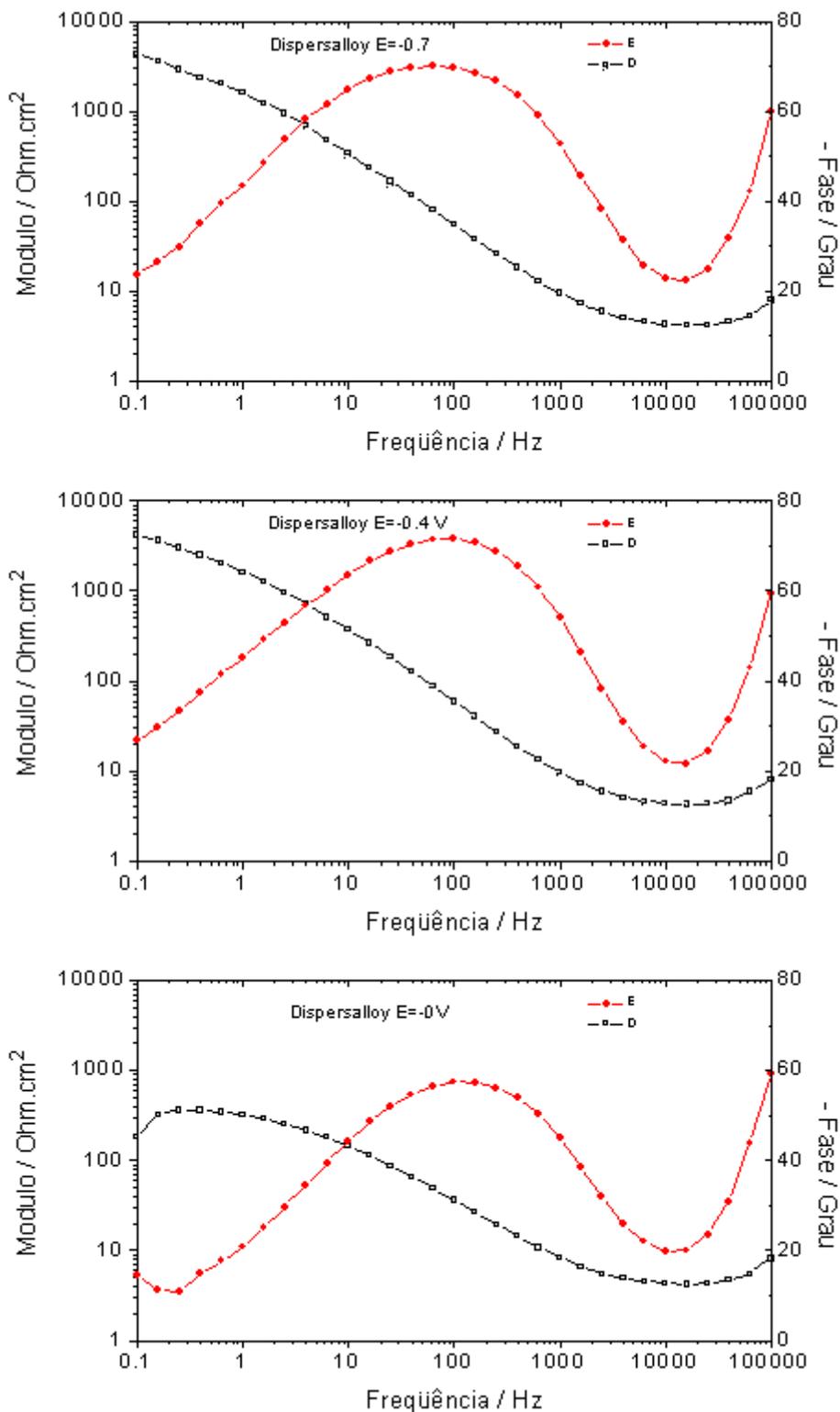


Figura 10 - Diagramas de Bode para o amálgama Dispersalloy.

Por meio da [Figura 9](#) observam-se os diagramas de Nyquist para o amálgama Dispersalloy. Observou-se pelos diagramas obtidos características difusionais, o que deve estar relacionado com a transferência de matéria dentro dos poros dos amálgamas.

Por meio da [Figura 10](#), observam-se os diagramas de Bode, há vários potenciais, que exibem um comportamento capacitivo/resistivo, com uma resistência de transferência de carga da ordem de  $10^4$  Ohm.cm<sup>2</sup>.

Este resultado é consistente com uma pequena velocidade de corrosão do amálgama, ou em outras palavras, um processo controlado pela transferência de carga. Estes diagramas também mostram uma segunda constante de tempo. Este fato pode ser explicado por um aumento na velocidade do processo de passivação, o que leva à formação de um filme espesso sobre a superfície eletródica. Este processo de passivação mais pronunciado dificulta a transferência de carga na interface metal/filme/solução.

Os diagramas de Nyquist para o amálgama Dispersalloy em solução de NaCl 0,9% (p/p), mostram um semicírculo capacitivo distorcido que parece ser invariante em uma faixa de potencial que compreende o potencial de corrosão (-0.7 a -0.2 V). A potenciais mais positivos perto da zona de dissolução ativa, a resistência de polarização  $R_p = \lim_{\omega \rightarrow 0} [Z(j\omega)]$  diminui consideravelmente.

A resistência ôhmica do eletrólito medida no limite a altas frequências,  $\lim_{\omega \rightarrow \infty} [Z(j\omega)] \gg 3W \text{ cm}^2$ .

## Conclusão

Os diagramas de espectroscopia de impedância apresentam formas complicadas, devido à contribuição de vários processos à transferência de carga, tais como: adsorção, difusão, formação de filmes, etc. Assim, o comportamento da interface durante o processo de corrosão não pode ainda ser quantitativamente tratado, por meio de sua associação a um mecanismo reacional ou mesmo um circuito equivalente, devido à estrutura metalúrgica complexa. Por ora, observou-se que os dados obtidos para resistência de polarização por meio da técnica de polarização potenciodinâmica encontram-se na mesma ordem de grandeza que os valores encontrados pela técnica de impedância.

A grande resistência à corrosão deste material se deve possivelmente à grande quantidade de fases, estrutura metalúrgica complexa multifásica, além de considerável quantidade de g e h' presentes, fases relativamente estáveis quando comparadas à g<sub>2</sub>, sendo esta última predominante nos amálgamas de baixo teor de cobre.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp pelo auxílio recebido.

ACCIARI, H. A., GUASTALDI, A. C., TREMILIOSI FILHO, G. Characterization and corrosion study of the Dispersalloy dental amalgam by impedance techniques and anodic polarization. *Ecl. Quím. (São Paulo)*, v.22, p.101-119, 1997.

**ABSTRACT:** The corrosion of dental amalgam in aqueous media was interpreted by means of a.c.

impedance techniques and anodic polarization. The Nyquist and Bode diagrams are influenced by the porous structure of the amalgams, the surface film formation and the adsorption of intermediates. In general, the impedance spectra are rather complex and very difficult to interpret. The Dispersalloy amalgam (high copper, dispersion type alloy) was characterized by scanning electron microscopy and energy dispersive X ray analysis. The chemistry analysis was determined by atomic absorption spectrophotometry. Although high copper amalgams as a group show superior physical properties and clinical performance to low copper amalgams, a high copper content does, not necessarily mean improved clinical performance. Nevertheless, they too, corrode in the mouth.

**KEYWORDS:** Dental amalgam; impedance; corrosion; anodic polarization; Dispersalloy.

### Referências bibliográficas

- 1 ABBOT, J. R., MAKINSON, O.F. Etches for the microstructure of dental amalgams. *J. Dent. Res.*, v.57, n.7-8, p.790-5, 1978. [ [Links](#) ]
- 2 AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Council on dental materials and devices. Specification n1 for alloy for dental amalgam. *J. Amer. dent. Ass.*, v.95, n.6, p.1171, 1977. [ [Links](#) ]
- 3 \_\_\_\_\_. Division of communication and scientific affairs: special report: when your patients ask about mercury in amalgam. *J. Amer. Dent. Assoc.* v. 120, 395-98, 1990. [ [Links](#) ]
- 4 BERGLUND, A. An *in vitro* and *in vivo* study of the release of mercury vapor from different types of amalgam alloys. *J. Dent. Res.* v.72, n.5, p.939-46, 1993. [ [Links](#) ]
- 5 BERGLUND, A. Release of mercury vapor from dental amalgam. *Swed. Dent. J. Suppl.* v.85, p.1-52, 1992. [ [Links](#) ]
- 6 CALVO, J.A.L. et al. Conceptos basicos sobre la metalografia de la amalgama dental. *Rev. Esp. Estomatol.* v.30, n.4, p.241-50, 1982. [ [Links](#) ]
- 7 ENESTROM, S., HULTMAN, P. Does amalgam affect the immune system?: a controversial issue. *Int-Arch-Allergy-Immunol.*, v.106, n.3, p.180-203, 1995. [ [Links](#) ]
- 8 FERRACANE, J.L. Amalgam: derived mercury. *General Dentistry.*, v. 40, n. 3, p.223-9, 1992. [ [Links](#) ]
- 9 FERRACANE, J. L.; HANAWA, T., OKABE, T. Effectiveness of oxide films in reducing mercury release from amalgams. *J. Dent. Res.* v.71, n.5, p.1151-5, 1992. [ [Links](#) ]
- 10 GROSSMAN, E.S. et al. Influence of amalgams, bases, and varnish on seal composition at restoration tooth interfaces. *J. Prosthet Dent.*, v.73, p.290-8, 1995. [ [Links](#) ]
- 11 LUSSI, A. et al. Mercury and copper release from amalgams in different soft drinks. *Dent. Mater.* v.6, p.279-81, 1990. [ [Links](#) ]
- 12 MAREK, M. The effect of the electrode potential on the release of mercury from dental amalgam. *J. Dent. Res.* v.72, n.9, p.1315-9, 1993. [ [Links](#) ]
- 13 \_\_\_\_\_. Interaction between dental amalgams and the oral environment. *Adv. Dent. Res.* v.6,

p.100-9, 1992

14 MOBERG, L.E. Electrochemical properties of corroded amalgams. *Scand. J. Dent. Res.* v.95, p.441-8, 1987. [ [Links](#) ]

15 SMALES, R.J. Clinical behaviour of high-copper amalgams with time, site, size and class of cavity preparation. *J. Dent.* v.18, p.49-53, 1990. [ [Links](#) ]

16 SOH, G. et al. Significance of hydrogen ion concentration on the dissolution of mercury from dental amalgam. *Quintessence Int.* v.22, p.225-8, 1991. [ [Links](#) ]

17 VILLANOVA, M. T. Avaliação da resistência à compressão de quatro ligas para amálgama dental enriquecidas com cobre, comparando vários métodos de amalgamação manual e mecânica. Bauru, 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru, Universidade de São Paulo. [ [Links](#) ]

18 WESTERHOFF, B., DARWISH, M., HOLZE,R. A comparative study of the electrochemical corrosion behavior of dental amalgams. *Journal of Applied Electrochemistry*, v.22, n.12, p.1142-6, 1992. [ [Links](#) ]

Recebido em 3.3.1997.

Aceito em 11.4.1997.

\* Departamento de Físico-Química - Instituto de Química de Araraquara - UNESP - 14800-900 - Araraquara - SP - Brasil.