

## INFLUÊNCIA DA BRUNIDURA E POLIMENTO NA CORROSÃO GALVÂNICA DE AMÁLGAMAS CONVENCIONAL E DE MAIOR CONTEÚDO DE COBRE. ESTUDO *IN VITRO* E *IN VIVO*

Roberto Nunes KONISHI\*

Wellington DINELLI\*\*

Celso Luiz de Angelis PORTO\*\*

Maria Salete Machado CÂNDIDO\*\*

Ueide Fernando FONTANA\*\*

---

*RESUMO:* A ação galvânica entre o ouro e três tipos de amálgamas foi utilizada como recurso para se ressaltar a influência do polimento nos amálgamas, precedido ou não da brunidura, na produção de corrente elétrica *in vitro* e na evolução da corrosão *in vivo*. Ambos os testes demonstraram que a brunidura seguida de polimento reduz os níveis de corrente elétrica e corrosão dos amálgamas, sendo as ligas de maior conteúdo de cobre as mais sensíveis a este tipo de acabamento.

*UNTERMOS:* Amálgama dentário eletrogalvanismo; intra-oral; corrosão.

---

### INTRODUÇÃO

Embora o amálgama seja um excelente material restaurador, clinicamente apresenta alguns inconvenientes relacionados com a sua superfície externa, tais como manchas, perda de brilho, corrosão etc.<sup>3, 12, 16</sup>.

Algumas características, tais como ligeira perda de brilho, aparecem com o tempo em todas as restaurações de amálgama, formando uma camada de óxidos, que de certa forma vai agir como uma camada passivadora nos amálgamas que foram curiosamente polidos, ou então passar para o estágio de corrosão e degradação da restauração.

---

\* Pós-graduando em nível de Doutorado em Odontologia Restauradora – Faculdade de Odontologia – UNESP – 14800 – Araraquara – SP.

\*\* Departamento de Odontologia Restauradora – Faculdade de Odontologia – UNESP – 14800 – Araraquara – SP.

Considerando que as ligas de ouro acentuam o processo de corrosão dos amálgamas<sup>2, 4</sup> quando presentes no meio bucal, e que a reação destes, frente a cloretos, causam uma corrosão seletiva das fases susceptíveis e ruptura da camada passivadora de óxidos, os autores resolveram estudar o comportamento eletroquímico de amálgamas em relação à liga de ouro. Para tal finalidade avaliou-se *in vitro* e *in vivo* a influência de três tipos de limalha, tratamentos superficiais e tempo, na redução da corrente elétrica produzida entre esses materiais.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Teste *In Vitro*

Trinta corpos de prova, com duas cavidades retangulares de 5 x 3 x 3 mm, distanciadas entre si por 4 mm, foram preparadas em resina. Essas cavidades eram destinadas a receber a liga de ouro e o amálgama, respectivamente, de maneira a se formar um par galvânico para cada corpo de prova.

A liga de ouro\* foi processada nas mesmas dimensões das cavidades retangulares dos corpos de prova. Na base de cada um dos retângulos de ouro foram isolados fios metálicos condutores. Essas barras de liga de ouro foram então cimentadas nas cavidades e polidas metalograficamente.

Para as cavidades destinadas aos amálgamas, o fio condutor foi envolvido durante a condensação, de forma a permitir um íntimo contato com o material. As respectivas limalhas, a saber: Novo true Dentalloy\*\*, Dispersalloy\*\*\* e Sybraloy\*\*\*\*, foram pré-proporcionadas com mercúrio e trituradas mecanicamente de acordo com as instruções do fabricante. Os amálgamas foram condensados com instrumentos circulares de 1 e 2 mm, respectivamente, e a pressão de condensação foi de 4 kg, controlada através de dinamômetro de coluna de mercúrio.

As técnicas de acabamento dos amálgamas foram:

- a) escultura imediata, seguida de polimento após 24 horas; e
- b) escultura imediata, brunidura aos 5 minutos e polimento após 24 horas.

A escultura dos amálgamas foi feita imediatamente após o término da condensação, utilizando-se uma lâmina tipo Gillette. A brunidura foi executada 5 minutos após a escultura, utilizando-se um brunidor ovóide Tenax n<sup>o</sup> 2 sob pressão suave, em movimento do centro para a periferia, de maneira a se cobrir toda a área dos amálgamas.

Posteriormente, realizou-se o polimento metalográfico, sempre sob irrigação constante, sendo que o brilho final foi dado com pasta de óxido de alumínio (0,5 u), também sob leve pressão e com rotação de 90° das amostras.

---

\* Negro Gatto – (Au 86% – Ag 10% Cu 4%)

\*\* S. S. White

\*\*\* Johnson & Johnson

\*\*\*\* Sybron/Kerr

## Montagem das células galvânicas

As células galvânicas foram montadas em número de trinta (eletrodos) em frascos de vidro, contendo 63 cc de solução de NaCl a 1%.

Essas células foram mantidas em estufa a  $37 \pm 1^\circ \text{C}$  durante todo o experimento, sendo removidas somente para o polimento após 24 horas e reinseridas na solução salina após o mesmo.

As medidas foram realizadas a partir de um painel com tomadas, que funcionava em circuito fechado, com valores registrados em condição imposta a 10 uA.

Os tempos de leitura da corrente elétrica para cada par galvânico compreenderam um total de 98 horas, sendo que a primeira medida foi obtida 15 minutos após a imersão de cada um deles na solução salina, seguidos de 7 medidas a cada 24 horas.

Para cada condição experimental excutaram-se cinco réplicas, e os códigos utilizados na identificação de materiais, tratamento e tempos foram: P<sub>1</sub> – Novo True; P<sub>2</sub> – Sybraloy; P<sub>3</sub> – Dispersalloy; T<sub>S<sub>1</sub></sub> – sem brunidura; T<sub>S<sub>2</sub></sub> – com brunidura e T<sub>e</sub> – Tempo.

### Teste *In Vivo*

O experimento *in vivo* constituiu na colocação de pares de ligas metálicas, cimentados provisoriamente em próteses totais inferiores, durante 6 meses, com o objetivo de se analisar o comportamento clínico das mesmas, em relação à sua resistência corrosiva em função do tempo.

Posteriormente, os resultados obtidos foram relacionados com os achados do teste *in vitro*.

Paralelamente, foi planejado um critério numérico de avaliações através de fotomicrografias em 32 aumentos, mostrado na Tabela a seguir:

**TABELA 1 – Critério numérico de avaliação**

Valor Numérico	Aspectos da Superfície da Liga Metálica
0	Ausência de alterações.
1 — 3	Ligeiro ataque – formação de camada de oxidação. Alterações de média intensidade.
3 — 5	a) presença de alguns microporos b) alterações do redor desses microporos c) alterações do nível dos riscos da lixa
5 — 7	Alterações intensas. a) presença generalizada de microporos não profundos e corrosão
7 —	Alterações profundas – caracterizadas pela presença de pontos profundos de corrosão na superfície metálica.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teste *In Vitro*

Os resultados obtidos para intensidade de corrente elétrica, perfazendo um total de 900 medidas, foram submetidos a tratamento estatístico, o qual deu origem à Tabela 2 de análise de variância.

**TABELA 2 – Análise de variância para intensidade de corrente elétrica**

FONTE	G. L.	S. Q.	Q. M.	R. Q. M.
2	2	42116,07	21058,04	131,08 ++
T <sub>s</sub>	1	26950,69	26950,69	167,76 ++
T <sub>e</sub>	29	437909,17	15100,32	94,00 ++
P x T <sub>s</sub>	2	1172,10	586,05	3,65 ++
P x T <sub>e</sub>	58	19727,73	34,01	0,21 1. n.s.
T <sub>s</sub> x T <sub>e</sub>	29	3487,61	120,26	0,75 1. n.s.
P x T <sub>s</sub> x T <sub>e</sub>	58	5413,50	93,34	0,58 1. n.s.
Resíduo	720	115671,59	160,65	–
Total corrigido	899			
Correção p/a média	1	34015,23		
Total não corrigido	900			

O exame de análise de variância contida na Tabela 2 mostra que:

A) Fator Par (P) – Os pares de ligas metálicas em estudo influenciaram diferentemente a intensidade de corrente elétrica.

A Tabela 3 informa que o Novo True (P<sub>1</sub>) condicionou maior intensidade de corrente elétrica (63,5), o Dispersalloy (P<sub>3</sub>) ficou em nível intermediário (55,4), sendo a menor intensidade de corrente (46,8) condicionada no Sybraloy (P<sub>2</sub>).

**TABELA 3 – Média de intensidade de corrente elétrica para pares de ligas metálicas (10 uA)**

P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
63,5	46,8	55,4

Desvio padrão de cada média = 0,7 valor crítico de Duncan a 1% = P<sub>2</sub> = 2,02

Os maiores valores de intensidade de corrente elétrica, obtidos para o par  $P_1$  (N. True), podem ser analisados em função das opiniões de SARKAR, GREENER<sup>13</sup> quando afirmam que nos amálgamas convencionais a fase  $Y_2$  está presente em maior quantidade (10%), principalmente se considerarmos ainda as conclusões de MUELLER et al<sup>9</sup>, STAHELI, VON FRAUNHOFER<sup>14</sup>, MAREK<sup>6, 9, 13, 14</sup>, SARKAR, GREENER<sup>13</sup>, quando afirmam que a fase  $Y_2$  possui o potencial mais ativo, sendo, portanto, a mais susceptível à corrosão. Os nossos resultados confirmam também a opinião de DINELLI<sup>2</sup>, que informa que as linhas de corte mais fino e as esféricas apresentam superfícies mais lisas, com menor tendência à corrosão.

Outro fato a ser considerado ainda e por nós confirmado está relacionado com a quantidade de cobre presentes nas ligas para amálgama, pois, segundo OKAMOTO et al<sup>10</sup>, MATHEWS, WING<sup>8, 10, 11</sup>, OSBORNE<sup>11</sup>, as ligas com maior conteúdo de cobre são mais resistentes à corrosão, corroborando com a afirmação de AUCLAIR et al<sup>1</sup>, que informam que o Sybraloy apresentou potencial elétrico mais baixo.

Condição também influente que não pode ser esquecida é o posicionamento dos metais na série eletroquímica, pois poderá explicar a significância da intensidade de corrente elétrica.

B) O fator tratamento superficial também foi significativo. Isto representa que os tratamentos superficiais executados foram capazes de propiciar alterações na intensidade de corrente elétrica. (Tabela 4)

**TABELA 4 – Médias de intensidade de corrente elétrica para interação pares-tratamentos superficiais (10 uA)**

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$T_{s1}$	67,8	53,8	60,6	60,7*
$T_{s2}$	59,3	39,8	50,3	49,8*

\* Desvio padrão = 0,6 – Desvio padrão de cada média = 1,00  
Valor crítico de Duncan =  $D_2 = 2,77$ ;  $D_3 = 2,92$

Examinando as médias de intensidade de corrente elétrica galvânica envolvendo Pares com os tratamentos superficiais, apresentadas na Tabela 4, pode-se observar que os amálgamas não brunidos propiciaram maior intensidade de corrente elétrica (60,7), seguidos pelos brunidos, os quais apresentaram média menor (49,8).

Os nossos resultados estão de acordo com as conclusões de SUTOW et al<sup>15</sup>, que mostram claramente que as ligas de amálgamas com maior conteúdo de cobre, submetidas a escultura, brunidura e polimento após 24 horas foram mais resistentes à corrosão e, conseqüentemente, apresentaram menor variabilidade na intensidade de corrente elétrica.

C) Fator Tempo (T) – Independentemente dos outros fatores, os níveis do fator Tempo também são significantes. Este fato demonstra que a intensidade de corrente elétrica sofre alterações com o decorrer do tempo.

Analisando a Figura 1, pode-se verificar que a intensidade de corrente elétrica apresenta tendência muito bem caracterizada de decrescer, em função do tempo, sendo a redução mais sensível nos tempos iniciais.

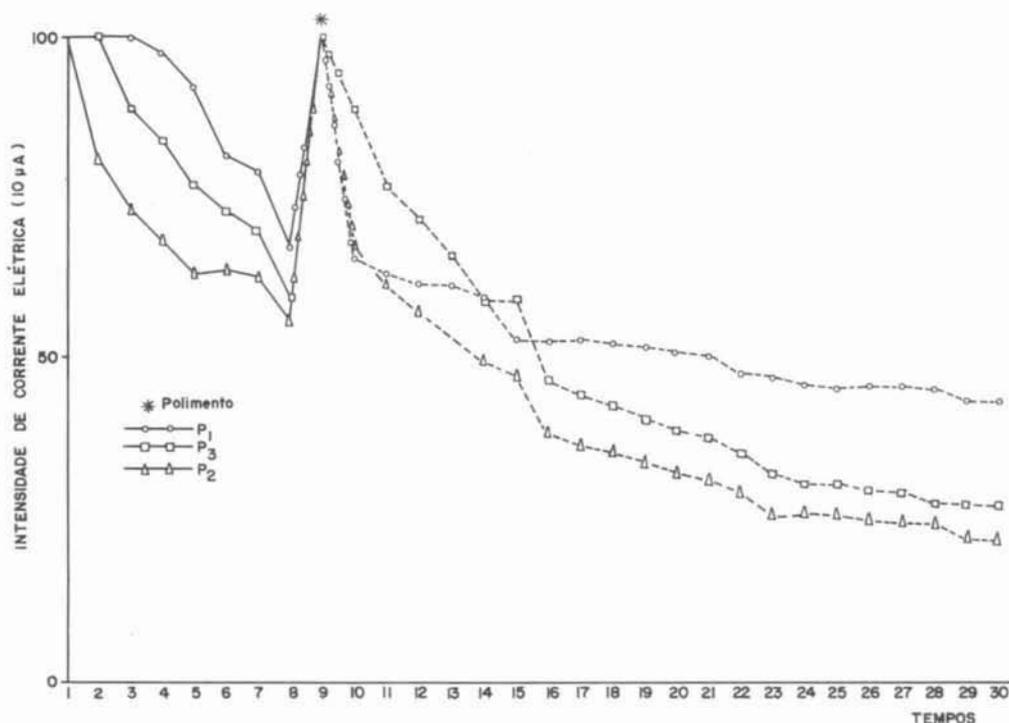


FIG. 1 – Médias de intensidade de corrente elétrica, em função de pares e tempos.

A redução da intensidade de corrente elétrica em função do tempo para todos os pares nos mostra que esta tendência é apenas alterada quando do polimento das amostras, assinalado no gráfico (asterisco).

Esses resultados estão de pleno acordo com as informações de vários trabalhos os quais mostram que a redução da intensidade de corrente elétrica, em função do tempo, pode ser influenciada por diversos fatores tais como:

- I – Polarização
- II – Cataforese
- III – Formação de película de oxidação

#### Teste *In Vivo*

Os resultados do teste *in vivo*, obtidos através de análise fotomicrográfica, podem ser observados nas Figs. 2, 3 e 4 a seguir:

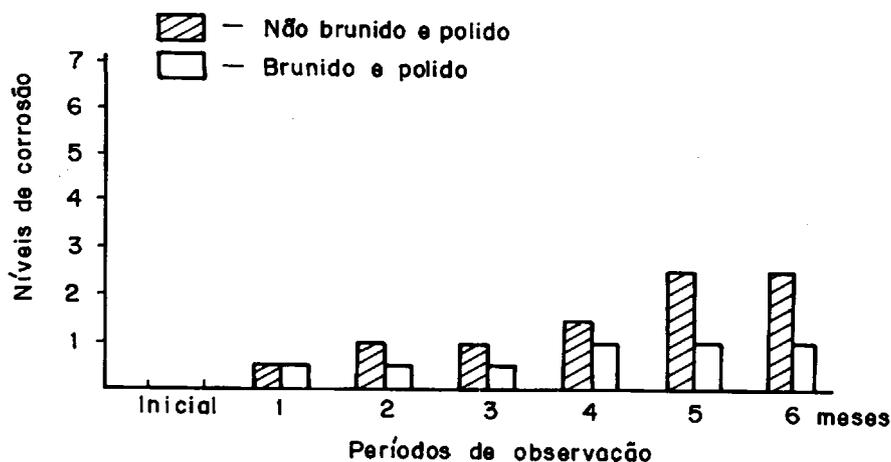


FIG. 2 – Avaliação numérica da corrosão do Par P<sub>1</sub> (N. True).

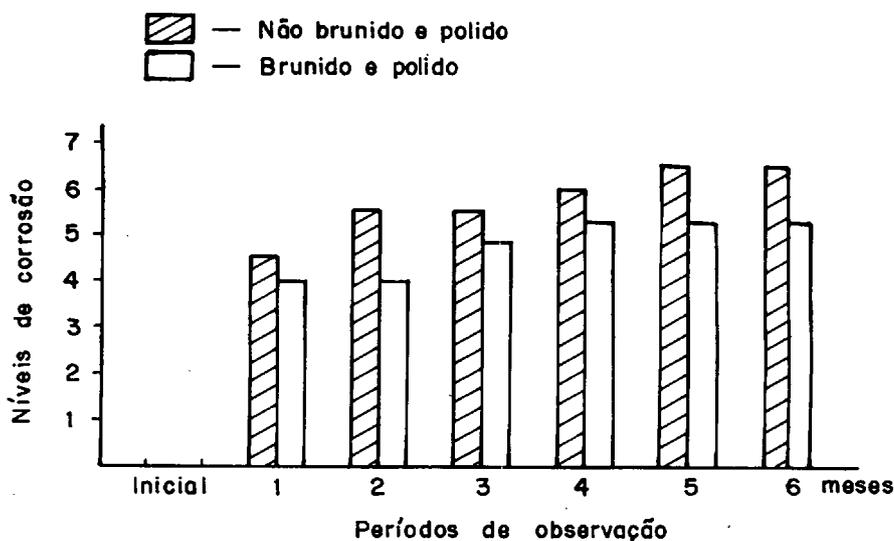


FIG. 3 – Avaliação numérica da corrosão do Par P<sub>2</sub> (Sybraloy).

Os resultados obtidos do teste *in vivo* estão em concordância com aqueles do teste *in vitro*. Comparando-se com as médias de intensidade de corrente elétrica para os pares de ligas metálicas em função do tempo (Fig. 1), com as alterações superficiais dos amálgamas (Figs. 2, 3 e 4), fica evidenciado que, em ambos os testes efetuados, os amálgamas do Par P<sub>1</sub> (Novo True Dentalloy) deixaram transparecer maior reativi-

dade eletroquímica e, portanto, maior tendência à corrosão. Os amálgamas dos Pares P<sub>2</sub> (Sybralloy) e P<sub>3</sub> (Dispersalloy) evidenciaram menores níveis de intensidade de corrente elétrica, o que ratifica a concordância nos resultados obtidos.

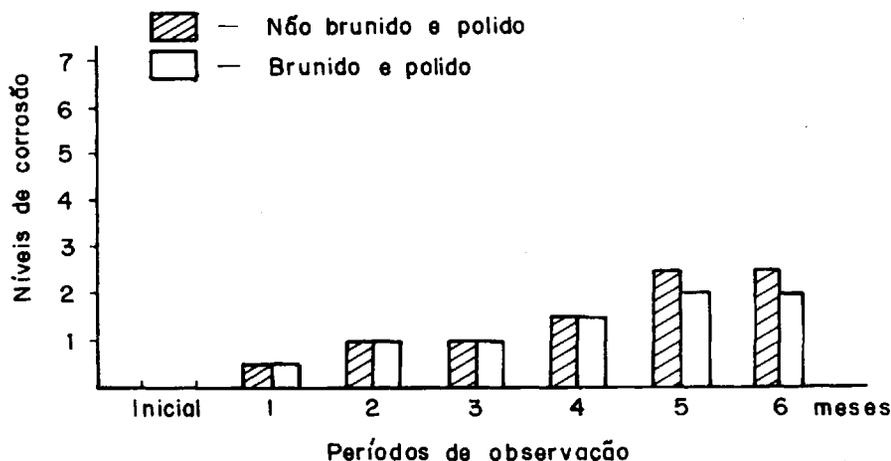


FIG. 4 - Avaliação numérica da corrosão do Par P<sub>3</sub> (Dispersalloy).

Esses achados corroboram também as afirmações sugeridas por MATTHEWS, WING<sup>8</sup>, OKAMOTO et al<sup>10</sup>, quando informam que os amálgamas com maior conteúdo de cobre são mais resistentes à corrosão do que os amálgamas convencionais; e com MATSUDA, SHIMOKOBE<sup>7</sup>, quando opinam que a fase Y<sub>2</sub> desempenha importante função no desenvolvimento do fenômeno da corrosão.

Paralelamente, nos testes efetuados e em todos os pares, a presença da brunidura e polimento (T<sub>S2</sub>) exerceu marcada influência na resistência à corrosão dos amálgamas. Estes resultados podem ser explicados através das opiniões de FUSAYAMA et al<sup>5</sup>, que alegam que a brunidura reduz o mercúrio residual e as microporosidades da superfície do amálgama.

## CONCLUSÕES

De acordo com a metodologia experimental proposta neste trabalho, julgamos possível concluir:

### 1 - Experimento *In Vitro*

- 1.1. Há o aparecimento de corrente elétrica quando diferentes amálgamas relacionam-se com a liga de ouro através de um meio condutor.
- 1.2. Os pares de ligas metálicas condicionaram em média diferentes intensidades de corrente elétrica. O par liga de ouro x Sybralloy apresentou o melhor comportamento, seguido pelo par liga de ouro x Dispersalloy.

- 1.3. Os tratamentos superficiais dos amálgamas foram capazes de alterar a intensidade de corrente elétrica. Os amálgamas submetidos à brunidura e polimento propiciaram menor intensidade de corrente elétrica.
- 1.4. A intensidade de corrente elétrica é decrescente em função do tempo.

## 2 – Experimento *In Vivo*

- 2.1. A observação microscópica revelou em todos os pares de ligas metálicas estudados que os amálgamas submetidos à brunidura e polimento foram mais resistentes à corrosão.
- 2.2. Para todos os pares de ligas estudados, as alterações foram progressivas em função do tempo, sendo mais intensas nos tempos iniciais.
- 2.3. Os amálgamas confeccionados com limalhas com maior conteúdo de cobre apresentaram maior resistência corrosiva.

---

KONISHI, R. N. *et al.* Influence of Burnishing on Galvanic Corrosion of Conventional High Copper Amalgam. *In Vitro* and *In Vivo* Study. **Rev. Odont. UNESP**, São Paulo, v. 20, p. 205-214, 1991.

*ABSTRACT: The galvanic action between gold alloy and three dental amalgams was utilized as a resource to enhance the corrosion of burnished and polished amalgam surface. This experiment was initially performed in vitro, through immersion of galvanic couples (gold X amalgam) in 1% NaCl solution with 7 electric current measurements done each 24 h, totaling 96 hours observation periods. Furthermore, this experiment was duplicated in vivo through temporary cementation of galvanic couples in complete dentures of patients. The evolution of amalgam corrosion was recorded with photomicrographies and scored over a six-month period. Both tests, in vitro and in vivo, showed that burnishing followed by polishing effectively reduced the galvanic current and amalgam corrosion, with best results presented by Sybralloy, followed by Dispersalloy and by New True Dentalloy.*

**KEYWORDS:** Dental amalgam electrogalvanism; intraoral corrosion.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AUCLAIR, P. L., STARCK, T. F., McCOY, R. B., PELLEY Jr., G. B. Galvanism and the new high-copper amalgams. In: ANNUAL SESSION OF AADR, Los Angeles, 1980. Apud: *J. dent. Res.*, 59 (Special Issue A): 528, 1980 (Abstract 1036).
2. DINELLI, W. *Comportamento eletroquímico de amálgamas obtidos com limalhas de partículas de formas e tamanhos diferentes em relação à liga de ouro.* Araraquara: UNESP, 1974. Tese (Livre-Docência) – Faculdade de Farmácia e Odontologia, Universidade Estadual Paulista, 1974.