

Biodegradação de braquetes ortodônticos: avaliação da liberação iônica *in vitro*

Gabriel Schmidt Dolci*, Luciane Macedo de Menezes**, Rodrigo Matos de Souza*, Berenice Anina Dedavid***

Resumo

Objetivo: avaliar, *in vitro*, a biodegradação de aparelhos ortodônticos simulados constituídos de braquetes e fios de aço inoxidável. **Metodologia:** a amostra foi dividida em 2 grupos, de acordo com a marca dos braquetes usados: grupo A – Dyna-Lock, 3M/Unitek (AISI 303); e grupo B – LG Edgewise *Standard, American Orthodontics* (AISI 316L). Os corpos-de-prova permaneceram incubados em solução salina (0,05%) a 36°C, sob agitação por um período de até 60 dias. A análise da liberação iônica foi realizada por meio de espectrofotometria de absorção atômica. O peso em massa dos braquetes também foi medido antes e após o experimento. **Resultados:** os resultados indicaram que o grupo A apresentou maior liberação de íons ferro, níquel e cromo do que o grupo B. Além disso, os braquetes do grupo A também mostraram perda de massa, considerada outro indicativo de corrosão. **Conclusão:** concluiu-se que, nas condições deste experimento, os braquetes do grupo A apresentaram maior biodegradação que os acessórios do grupo B, o que pode estar associado à liga metálica e/ou ao processo de fabricação dos mesmos.

Palavras-chave: Corrosão. Braquetes ortodônticos. Fios ortodônticos.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a biocompatibilidade das ligas odontológicas tem sido tópico de inúmeras pesquisas. Entretanto, muitas questões referentes a esse assunto estão longe de ser esclarecidas³⁰.

Um dos fatores determinantes da biocompatibilidade das ligas metálicas usadas na Odontologia é a sua resistência à corrosão^{9,14,25}. Os acessórios ortodônticos, no próprio processo de fabricação, ficam expostos a inúmeros fatores físicos e químicos que estimulam sua corrosão. Dentre eles

destacam-se: tratamento térmico⁹, soldas² e agentes de polimento¹². A opção clínica de usar acessórios que apresentem menor biodegradação reduz o risco de danos à saúde do paciente, uma vez que estes tendem a liberar menos íons metálicos para o meio intrabucal.

Maior ênfase tem sido dada à liberação de íons níquel e cromo, uma vez que os efeitos deletérios destes elementos sobre os tecidos humanos já são bem conhecidos^{4,22,23}. Pesquisadores têm atribuído ao níquel efeitos carcinogênicos, citotóxicos^{4,8,21,22,23} e, principalmente, alergênicos^{19,20}.

* Mestre em Ortodontia e Ortopedia Facial pela FO – PUCRS.

** Doutora em Ortodontia pela FO - UFRJ. Professora do Curso de Mestrado em Ortodontia da FO - PUCRS.

*** Doutorado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais (UFRGS). Coordenadora do centro de Microscopia e Microanálise da PUCRS.

Grupo	braquetes					
	n	Marca	Especificação	Tipo de aço	Composição química (% max)	Observação
A	140	3M/ Unitek	Dynalock, Edgewise Standard, Slot 0,022"	AISI* 303	C=0,15% Cr=17-19% Ni=5,0-10% Mn=2,0% Si=1,0% Fe-restante	Ausência de solda unindo o corpo à base
B	140	American Orthodontics	LG Edgewise Standard, Slot 0,022"	AISI* 316L	C=0,030% Cr=16-18% Ni=10-14% Mn=2,0% Si=1,0% Fe-restante	Presença de solda de prata unindo o corpo à base

QUADRO 1 – Divisão dos grupos experimentais.

* American Iron Stainless Steel Institute.

Grupo	Tubos de ensaio (n)*	Fio (n)	Braquetes (n)
A	10	20	140
B	10	20	140
C1	4	8**	-
C2	4***	-	-
Total (n)	28	48	280

QUADRO 2 - Grupos experimentais (A e B) e Grupos controles (C1 e C2).

* Número de tubos de ensaio contendo 10ml de solução salina, em cada tempo estudado.

** Os corpos-de-prova do Grupo C1 eram compostos somente pelo segmento de fio, idêntico ao utilizado nos grupos experimentais, sem braquetes.

*** Os tubos de ensaio do Grupo C2 continham somente a solução salina.

Visto os inúmeros fatores que influenciam a biodegradação de acessórios ortodônticos e as evidentes conseqüências indesejáveis desse processo, este estudo teve o intuito de investigar, *in vitro*, os possíveis fenômenos oriundos da corrosão de braquetes metálicos submetidos ao processo de envelhecimento químico-mecânico, dentre eles: a) liberação de íons ferro, níquel e cromo e; b) alterações de peso dos acessórios.

MATERIAL E MÉTODOS

Avaliação da liberação de íons ferro, níquel e cromo

Dois diferentes braquetes foram analisados: *Dyna-Lock Standard Edgewise* (3M Unitek, Monrovia, CA, USA) e *LG Edgewise* (*American Orthodontics*, Sheboygan, Wisconsin, USA), os quais foram divididos em 2 grupos experimentais, de acordo com a marca comercial dos acessórios (Quadro 1). Além dos braquetes, foram usados

fios de aço inoxidável (0,021" x 0,025") da marca comercial *Rocky Mountain Orthodontics*.

Foram analisados 4 grupos (2 experimentais e 2 controles), como pode ser visto no quadro 2.

Os corpos-de-prova, que simulavam um hemiarco inferior, foram constituídos de braquetes de incisivos (n = 2), caninos (n = 1) e pré-molares inferiores (n = 2). Para os molares (1° e 2°) foram usados braquetes de incisivos superiores, totalizando 7 acessórios por corpo-de-prova. Os braquetes foram amarrados aos fios com ligadura elástica (*GAC Orthodontics*, ref. 59-600-14), sendo suas bases cobertas com cera⁷. Este procedimento serviu para evitar a corrosão de tal região e tornar mais fácil a remoção do material da base do braquete, permitindo a pesagem. Cada corpo-de-prova foi codificado de forma a identificar os braquetes e fios que compunham o mesmo (Fig. 1).

Para análise da liberação iônica, os corpos-de-prova foram imersos em tubos de ensaio que continham 10 mililitros de solução salina a 0,05% (Departamento de Bioquímica da PUCRS). Em cada tubo, foram colocados 2 corpos-de-prova, simulando um arco inferior completo (14 braquetes).

Os grupos A, B, C1 e C2 foram submetidos a um processo de "envelhecimento químico-mecânico". Eles permaneceram sob agitação por 8 horas diárias, com temperatura constante de 36±1°C (Banho Dubnoff, Departamento de Bioquímica da PUCRS), por um período de até 60 dias.

Completado um dia de imersão (T1), os corpos-de-prova foram retirados e inseridos em novos

tubos de ensaio contendo 10ml da solução salina. Após 7, 14, 28 e 60 dias, correspondendo a T2, T3, T4 e T5, respectivamente, tal procedimento foi repetido. A cada troca, os tubos contendo a solução antiga eram identificados e armazenados em refrigerador. Para evitar a proliferação de microrganismos, foram adicionadas às soluções 6 gotas de ácido nítrico na concentração de 0,5 Molar (HNO_3 0,5M), conforme descrito por Sória²⁷.

Após, as soluções foram analisadas por meio de um espectrofotômetro eletrotérmico de absorção atômica com forno de grafite (Analyst 800 Perkin Elmer, USA), onde foram quantificados os íons ferro, níquel e cromo.

Pesagem dos braquetes

A pesagem dos braquetes foi realizada por meio de uma microbalança (Mettler Toledo, AG204, Suíça) com precisão de 0,1mg. Setenta braquetes de cada grupo foram pesados individualmente antes (T0) e depois de permanecerem 60 dias imersos em solução salina (T5).

Previamente à pesagem, em T5, realizou-se a remoção dos produtos de corrosão da superfície dos acessórios, por meio da secagem dos acessórios com jato de nitrogênio e limpeza mecânica com pincel.

Tratamento estatístico

Para verificação da normalidade dos dados foi utilizado o teste não-paramétrico Kolmogorov-Smirnov. Este teste é considerado uma prova de aderência, diz respeito ao grau de concordância

entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais e determinada distribuição teórica específica, neste caso, a distribuição normal. Para os dados obtidos neste estudo, esta condição da normalidade não foi garantida para algumas variáveis, por isso foram utilizados testes não-paramétricos (Friedman, Mann-Whitney e Kruskal-Wallis). Para o processamento dos dados, foi utilizado o *software* SPSS versão 10.0.

RESULTADOS

Avaliação da liberação de íons ferro, níquel, e cromo

Os resultados da avaliação da liberação de íons ferro, níquel e cromo estão expressos nas tabelas 1 a 7.

Observou-se uma relação positiva entre tempo e liberação iônica, ou seja, as concentrações de íons ferro, níquel e cromo liberados em solução salina aumentaram significativamente em função do tempo ($p < 0,01$), especialmente no grupo A (Tab. 1, 2). Também verificou-se que o íon ferro foi o mais liberado em todos tempos estudados (T1 a T5), nos grupos A e B (Tab. 3, 4).

Houve diferença na liberação de íons ferro, níquel e cromo entre os grupos estudados. O grupo A apresentou maior liberação de íons, seguido pelo grupo B ($p < 0,01$), conforme as tabelas 5, 6 e 7.

Pesagem dos braquetes

A comparação do peso dos braquetes intragrupo, em T0 e T5, indicou uma redução da massa para os acessórios do grupo A e manutenção do peso dos acessórios do grupo B, conforme demonstra a tabela 8.

DISCUSSÃO

Avaliação da liberação de íons ferro, níquel e cromo

Neste estudo, o tempo foi um dos fatores determinantes sobre a biodegradação dos acessórios ortodônticos (Tab. 1, 2). No grupo A, observou-se um aumento significativo da liberação de íons

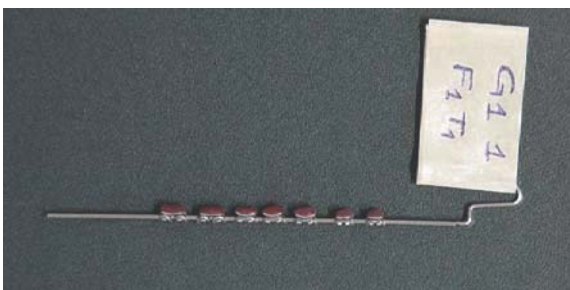


FIGURA 1 – Corpo-de-prova pronto para ser imerso em solução salina.

ferro, níquel e cromo, em função do tempo, até o final do estudo, confirmando os resultados de outros autores^{10,11,24,28}. Já o grupo B apresentou um aumento da liberação de íons ferro, níquel e cromo até o final da 1ª semana. Após isso, houve estabilização da liberação iônica, exceto para o íon cromo, que diminuiu sua liberação na 8ª semana, o que vai de acordo com estudos de Hwang, Shin e Cha¹³.

Outros pesquisadores demonstraram que a liberação iônica de aparelhos ortodônticos tende a ocorrer, principalmente, nos períodos iniciais, após a inserção destes em boca ou em solução salina^{1,29}. De acordo com Eliades et al.⁶, Eliades e Athanasiou⁷, esses resultados podem induzir a falsas conclusões, pois em estudos realizados *in vitro*, onde a solução não é trocada periodicamente, ocorre a

saturação da mesma, o que daria a impressão de uma maior liberação nos períodos iniciais e uma diminuição nos períodos subsequentes. Já para Barret, Bishara e Quinn¹, a redução da liberação de íons níquel, após a 1ª semana de inserção de aparelhos fixos simulados em solução salina, pode ser atribuída a dois prováveis fatores: (1) o níquel presente na superfície do aço sofreria corrosão rapidamente durante os primeiros 7 dias e (2) após este período formar-se-iam produtos de corrosão sobre a superfície do aço, dificultando a liberação de íons níquel nos períodos subsequentes.

Segundo Berge, Gjerdet e Erichsen², a resistência à corrosão de aços inoxidáveis é reduzida em decorrência do processo de soldagem, o que poderia sugerir que os braquetes do grupo B teriam

Tabela 1 - Comparação da liberação de íons ferro, níquel e cromo ($\mu\text{g/l}$), em função do tempo para os acessórios do grupo A (3M/ Unitek). Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Friedman.

Tempo	íon					
	Fe		Ni		Cr	
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
T1	1,52 ^a	0,73	0,24 ^a	0,11	0,24 ^a	0,16
T2	5,41 ^b	2,18	1,08 ^b	0,47	1,48 ^b	0,85
T3	12,05 ^c	1,93	1,99 ^c	0,28	4,80 ^c	0,84
T4	11,28 ^c	3,34	3,13 ^d	0,49	10,29 ^d	4,24
T5	80,00 ^d	17,12	6,38 ^e	0,71	16,19 ^e	5,38
p < 0,05	*		*		*	

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 2 - Comparação da liberação de íons ferro, níquel e cromo ($\mu\text{g/l}$), em função do tempo para os acessórios do grupo B (*American Orthodontics*). Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Friedman.

Tempo	íon					
	Fe		Ni		Cr	
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
T1	0,42 ^a	0,16	0,07 ^a	0,02	0,05 ^a	0,03
T2	0,71 ^{ab}	0,56	0,14 ^b	0,08	0,08 ^a	0,07
T3	1,02 ^b	0,49	0,16 ^b	0,06	0,17 ^b	0,09
T4	1,32 ^b	0,84	0,20 ^b	0,09	0,25 ^c	0,14
T5	1,28 ^b	1,16	0,23 ^b	0,15	0,12 ^{ab}	0,09
p < 0,05	*		*		*	

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 3 - Comparação da liberação de íons ferro, níquel e cromo ($\mu\text{g/l}$), em cada tempo estudado, para os acessórios do grupo A (3M/ Unitek). Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

íon	tempo									
	T1		T2		T3		T4		T5	
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
Fe	1,52 ^b	0,73	5,41 ^b	2,18	12,05 ^b	1,93	11,28 ^b	3,34	80,00 ^b	17,12
Ni	0,24 ^a	0,11	1,08 ^a	0,47	1,99 ^a	0,28	3,13 ^a	0,49	6,38 ^a	0,71
Cr	0,24 ^a	0,16	1,48 ^a	0,85	4,80 ^c	0,84	10,29 ^b	4,24	16,19 ^c	5,38
p < 0,05										

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 4 - Comparação da liberação de íons ferro, níquel e cromo ($\mu\text{g/l}$), em cada tempo estudado, para os acessórios do grupo B (*American Orthodontics*). Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis

íon	tempo									
	T1		T2		T3		T4		T5	
	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.	média	d.p.
Fe	0,42 ^b	0,16	0,71 ^b	0,56	1,02 ^b	0,49	1,32 ^b	0,84	1,28 ^b	1,16
Ni	0,07 ^a	0,02	0,14 ^a	0,08	0,16 ^a	0,06	0,20 ^a	0,09	0,23 ^a	0,15
Cr	0,05 ^a	0,03	0,08 ^a	0,07	0,17 ^a	0,09	0,25 ^a	0,14	0,12 ^c	0,09
p < 0,05	*		*		*		*		*	

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

Tabela 5 - Comparação entre as médias de íons ferro ($\mu\text{g/l}$) liberados pelos diferentes grupos, nos diferentes tempos estudados. Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

grupo		tempo					total
		T1 (1 d)	T2 (7 d)	T3 (14 d)	T4 (28 d)	T5 (60 d)	
A (n**=10)	média	1,52 ^a	5,41 ^a	12,05 ^a	11,28 ^a	80,00 ^a	110,26 ^a
	d.p.	0,73	2,18	1,93	3,34	17,12	
B (n**=10)	média	0,42 ^b	0,71 ^b	1,02 ^b	1,32 ^b	1,28 ^b	4,75 ^b
	d.p.	0,16	0,56	0,49	0,84	1,16	
C1 (n**=4)	média	0,16 ^c	0,08 ^c	0,10 ^c	0,11 ^c	0,15 ^c	0,60 ^c
	d.p.	0,06	0,02	0,03	0,06	0,06	
C2 (n**=4)	média	0,12 ^c	0,13 ^c	0,12 ^c	0,11 ^c	0,12 ^c	0,60 ^c
	d.p.	0,05	0,05	0,06	0,03	0,06	
p < 0,05		*	*	*	*	*	*

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

** número de tubos de ensaio, nos quais foi realizada a coleta de solução salina.

Tabela 6 - Comparação entre as médias de íons níquel ($\mu\text{g/l}$) liberados pelos diferentes grupos, nos diferentes tempos estudados. Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

grupo		tempo					total
		T1 (1 d)	T2 (7 d)	T3 (14 d)	T4 (28 d)	T5 (60 d)	
A (n**=10)	média	0,24 ^a	1,08 ^a	1,99 ^a	3,13 ^a	6,38 ^a	12,82 ^a
	d.p.	0,11	0,47	0,28	0,49	0,71	
B (n**=10)	média	0,07 ^b	0,14 ^b	0,16 ^b	0,20 ^b	0,23 ^b	0,80 ^b
	d.p.	0,02	0,08	0,06	0,09	0,15	
C1 (n**=10)	média	0,04 ^b	0,06 ^{bc}	0,06 ^c	0,05 ^c	0,07 ^c	0,28 ^c
	d.p.	0,04	0,01	0,02	0,02	0,02	
C2 (n**=10)	média	0,08 ^b	0,05 ^c	0,04 ^c	0,07 ^c	0,07 ^c	0,31 ^c
	d.p.	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	
p < 0,05		*	*	*	*	*	*

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

** Número de tubos de ensaio, nos quais foi realizada a coleta de solução salina.

Tabela 7 - Comparação entre as médias de íons cromo ($\mu\text{g/l}$) liberados pelos diferentes grupos, nos diferentes tempos estudados. Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

grupo		tempo					total
		T1 (1 d)	T2 (7 d)	T3 (14 d)	T4 (28 d)	T5 (60 d)	
A (n**=10)	média	0,24 ^a	1,48 ^a	4,80 ^a	10,29 ^a	16,19 ^a	33,1 ^a
	d.p.	0,16	0,85	0,84	4,24	5,38	
B (n**=10)	média	0,05 ^b	0,08 ^b	0,17 ^b	0,25 ^b	0,12 ^b	0,67 ^b
	d.p.	0,03	0,07	0,09	0,14	0,09	
C1 (n**=10)	média	0,03 ^c	0,03 ^c	0,02 ^c	0,02 ^c	0,04 ^c	0,14 ^c
	d.p.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	
C2 (n**=10)	média	0,00 ^d	0,00 ^d	0,00 ^d	0,00 ^d	0,00 ^d	0,00 ^d
	d.p.	0	0	0	0	0	
p < 0,05		*	*	*	*	*	*

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

** Número de tubos de ensaio, nos quais foi realizada a coleta de solução salina.

Tabela 8 - Comparação das médias de peso (em gramas) dos braquetes antes (T0) e depois de terem permanecido 60 dias imersos em solução salina (T5). Análise realizada pelo teste não-paramétrico de Wilcoxon.

tempo	grupo			
	A (n=70)		B (n=70)	
	média	d.p.	média	d.p.
T0	0,065 ^a	0,08	0,060 ^a	0,06
T5	0,063 ^b	0,07	0,059 ^a	0,09
p < 0,05	*		n.s.	

* Médias com as mesmas letras não diferem entre si.

maior liberação de íons. Isso ocorreria porque, durante o processo de soldagem, o metal é submetido a elevadas temperaturas, o que aumentaria sua suscetibilidade à corrosão¹⁵. Porém, vale lembrar que os acessórios avaliados nesta pesquisa apresentavam composições diferentes (AISI 303 grupo A e AISI 316L grupo B), podendo ter sido fator decisivo na diferença na liberação iônica entre os grupos experimentais. Diversos estudos^{5,16,17,27} têm relatado a maior resistência à corrosão dos aços AISI 316L, confirmando os achados deste estudo.

Nesta pesquisa, a liberação diária de íons níquel e cromo foi estimada tomando-se os valores totais de liberação dos íons (equivalente a 14 braquetes), multiplicando-os por 2 (28 braquetes, correspon-

dente a um aparelho ortodôntico completo), sendo o resultado dividido pelo número de dias. Desta forma, os valores diários de liberação dos íons níquel e cromo seriam de 0,43 μg e 1,10 μg no grupo A, e 0,03 μg e 0,02 μg no grupo B, valores que estão bem abaixo da quantidade ingerida diariamente, 500 μg e 100 μg , respectivamente²⁶. Contudo, a liberação iônica observada neste estudo não deve ser considerada desprezível ou clinicamente insignificante, uma vez que estudos têm relatado que o tempo de tratamento ortodôntico associado à composição das ligas usadas em Ortodontia é capaz de causar injúrias aos tecidos moles intrabucais^{3,8}.

Pesagem dos braquetes

Na Ortodontia, poucos estudos se preocupam em estudar alterações de peso de acessórios submetidos a meios oxidantes^{27,29}, apesar de ser este o método mais antigo para avaliar a corrosão. Os resultados desta pesquisa indicaram que os braquetes do grupo A (AISI 303) apresentaram perda significativa de peso (0,2 μg) em T5 (Tab. 8), concordando com Sória²⁷, que observou uma redução de peso (0,3 μg) em braquetes confeccionados com aço AISI 303, após esses terem permanecido 60 dias imersos em solução salina a 0,05%. Segundo Matasa¹⁸, a perda de peso é um indicativo de corrosão uniforme.

CONCLUSÕES

Após a análise por espectrofotometria de absorção atômica e pesagem dos braquetes pôde-se concluir que:

- 1) A biodegradação de acessórios ortodônticos em solução salina, independente do processo de fabricação ou liga metálica constituinte, ocorreu principalmente pela liberação de íons ferro.
- 2) Os braquetes do grupo A (peça única, AISI 303) apresentaram maior liberação de íons ferro, níquel e cromo do que os acessórios do grupo B (peças combinadas, AISI 316L),

em todos os tempos estudados.

- 3) No grupo A, a liberação iônica aumentou em função do tempo ($T1 < T2 < T3 < T4 < T5$). Já no grupo B houve uma tendência de estabilização da liberação de íons, após 7 dias ($T2$).
- 4) Os braquetes do grupo A apresentaram significativa perda de massa em $T5$.

Enviado em: novembro de 2006
Revisado e aceito: novembro de 2007

Biodegradation of orthodontic brackets: in vitro ion release

Abstract

Objective: The purpose of this study was to evaluate, in vitro, the biodegradation of simulated orthodontic appliances consisting of stainless steel brackets and wires. **Materials and methods:** The sample was divided in 2 groups, according to brackets brand: group A – Dyna-Lock, 3M/ Unitek (AISI 303); and group B – LG Edgewise Standard, American Orthodontics (AISI 316L). The specimens (simulated orthodontic appliances) were incubated in saline solution (0.05%), in shake, at 36°C, for 60 days. The ion release was detected by atomic absorption spectrophotometer. The weight of brackets was also measured before and after the test. **Results:** The results indicated that group A released more ions iron, nickel and chromium than group B. Moreover, the brackets in group A also presented weight loss, which is considered an indicator of corrosion. **Conclusion:** It was concluded that, under the present study conditions, the brackets from group A presented a higher biodegradation than group's B brackets, what could be associated to composition and manufacturing process of these brackets.

Key words: Corrosion. Orthodontic brackets. Orthodontic wires.

REFERÊNCIAS

1. BARRET, R. D.; BISHARA, S. E.; QUINN, J. K. Biodegradation of orthodontic appliances. Part I. Biodegradation of nickel and chromium in vitro. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, St. Louis, v. 103, no. 1, p. 8-14, Jan. 1993.
2. BERGE, M.; GJERDET, N. R.; ERICHSEN, E. S. Corrosion of silver soldered orthodontic wires. *Acta Odontol. Scand.*, Oslo, v. 40, no. 2, p. 75-79, 1982.
3. BISHARA, S. E. Oral lesion caused by an orthodontic retainer: a case report. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, St. Louis, v. 108, no. 2, p. 115-117, Aug. 1995.
4. BOUR, H. et al. Establishment of nickel-specific T Cell lines from patients with allergic contact dermatitis: comparison of different protocols. *Clin. Immunol. Immunopathol.*, Orlando, v. 73, no. 1, p. 142-145, Oct. 1994.
5. CEEN, R. F.; GWINNETT, A. J. Indelible iatrogenic staining of enamel following debonding. *J. Clin. Orthod.*, Boulder, v. 14, no. 10, p. 713-715, Oct. 1980.
6. ELIADES, T. et al. Nickel content of as-received, retrieved and recycled stainless steel brackets. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, St. Louis, v. 119, no. 3, p. 300-336, Mar. 2002.

7. ELIADES, T.; ATHANASIOU, A. In vivo aging of orthodontic alloys: implications for corrosion potential, nickel release, and biocompatibility. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 72, no. 3, p. 222-237, June 2002.
8. FACCIONI, F. et al. In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 124, no. 6, p. 687-694, Dec. 1994.
9. GJERDET, N. R.; HERO, H. Metal release from heat-treated orthodontic archwires. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo, v. 45, no. 6, p. 409-414, Dec. 1987.
10. GRIMSDOTTIR, M. R.; GJERDET, N. R.; HENSTEN-PETTERSEN, H. A. Composition and in vitro corrosion of orthodontic appliances. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 101, no. 6, p. 525-32, June 1992.
11. HUANG, T. H.; YEN, C. C.; KAO, C. T. Comparison of ion release from new and recycled orthodontic brackets. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 120, no. 1, p. 68-75, July 2001.
12. HUNT, N. P. et al. An investigation into the effects of polishing on surface hardness and corrosion of orthodontic arch wires. **Angle Orthod.**, Appleton, v. 69, no. 5, p. 433-440, 1999.
13. HWANG, C. J.; SHIN, J. W.; CHA, J. Y. Metal release from simulated fixed orthodontic appliances. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 120, no. 4, p. 383-391, Oct. 2001.
14. JONES, T. K. et al. Dental implications of nickel hypersensitivity. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 56, no. 4, p. 507-509, Oct. 1986.
15. KOHL, R. W. Metallurgy in Orthodontics. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 34, no. 1, p. 37-52, Jan. 1964.
16. MAIJER, R. I.; SMITH, D. C. Biodegradation of the orthodontic bracket system. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 90, no. 3, p. 195-198, Sept. 1986.
17. MAIJER, R. I.; SMITH, D. C. Corrosion of orthodontic bracket bases. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 81, no. 1, p. 43-48, Jan. 1982.
18. MATASA, C. G. Metallography and you II: surface analysis. **Orthodontic Materials Insider**, Hollywood, v. 11, no. 4, p. 1-7, Dec. 1998.
19. MENEZES, L. M.; CAMPOS, L. C.; QUINTÃO, C. C.; BOLOGNESE, A. M. Hypersensitivity to metals in Orthodontics. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 126, no. 1, p. 58-64, July 2004.
20. MENNÉ, T. et al. Patch test reactivity to nickel alloys. **Contact. Derm.**, Copenhagen, v. 16, no. 5, p. 255-259, May 1987.
21. MORAES, S. et al. In vitro osteoblastic differentiation of human bone marrow cells in the presence of metal ions. **J. Biomed. Mater. Res.**, Hoboken, v. 44, no. 2, p. 176-190, Feb. 1999.
22. NIKI, Y. et al. Metal ions induce bone-resorbing cytokine production through the redox pathway in synoviocytes and bone marrow macrophages. **Biomaterials**, Guilford, v. 24, no. 8, p. 1447-1457, Apr. 2003.
23. NOVELLI, E. L. B. et al. Differential/combined effect of water contamination with cadmium and nickel on tissues of rats. **Environ. Pollut.**, Barking, v. 103, no. 2/3, p. 295-300, Nov. 1998.
24. PARK, H. Y.; SHEARER, T. R. In vitro release of nickel and chromium from simulated orthodontic appliances. **Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.**, St. Louis, v. 84, no. 2, p. 156-159, Aug. 1983.
25. SCHMALZ, G.; GARHAMMER, P. Biological interactions of dental cast alloys with oral tissues. **Dental Mater.**, Kidlington, v. 18, no. 5, p. 396-406, July 2002.
26. SCHROEDER, H. A.; BALASSA, J. J.; TIPTON, I. H. Abnormal trace metals in man: nickel. **J. Chronic. Dis.**, St. Louis, v. 15, p. 51-65, Jan. 1962.
27. SÓRIA, M. L. **Avaliação da corrosão de braquetes metálicos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ortodontia)-Faculdade de Odontologia, PUCRS, Porto Alegre, 2003.
28. SÓRIA, M. L. et al. Avaliação in vitro da liberação de níquel por braquetes metálicos. **Rev. Dental Press Ortodon. Ortop. Facial**, Maringá, v. 10, n. 3, p. 87-96, maio/jun. 2005.
29. TOMS, A. P. The corrosion of orthodontic wire. **Eur. J. Orthod.**, Oxford, v. 10, no. 2, p. 87-97, May 1988.
30. WATAHA, J. C. Biocompatibility of dental casting alloys: a review. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 83, no. 2, p. 224-234, Feb. 2000.

Endereço para correspondência

Luciane Macedo de Menezes
 Faculdade de Odontologia da PUCRS
 Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 06 – Sala 209
 CEP: 90.619-900 - Porto Alegre/RS
 E-mail: luciane@portoweb.com.br