

Trabalho de Conclusão de Curso

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÓXIDO DE
BISMUTO NA SOLUBILIDADE E DESINTEGRAÇÃO DO CIMENTO
PORTLAND BRANCO**

Daniela Peressoni Vieira



Universidade Federal de Santa Catarina

Curso de Graduação em Odontologia

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA

Daniela Peressoni Vieira

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE ÓXIDO DE
BISMUTO NA SOLUBILIDADE E DESINTEGRAÇÃO DO CIMENTO
PORTLAND BRANCO**

Trabalho apresentado à Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a conclusão do Curso de Graduação em Odontologia

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi

Florianópolis, SC

2011

A **Deus**, que ilumina e abençoa meus caminhos
todos os dias.

Aos meus amados pais, **Elianne e Paulo Afonso**,
que são a minha fonte de vida, inspiração e
felicidade, pelos quais eu tenho um amor
incomensurável.

Aos meus queridos irmãos, **Bernardo, Carolina,**
Eduardo e Felipe, que são os meus
companheiros para uma vida inteira e meus
maiores tesouros.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. **Dr. Eduardo Antunes Bortoluzzi**, por antes de tudo ter acreditado na minha capacidade. Por toda a dedicação, a orientação, os ensinamentos passados, o incentivo e a amizade. Não me restam dúvidas de que escolhi o melhor orientador. Eu tenho por ti uma imensa admiração e te considero um exemplo para a futura profissional que desejo ser.

Aos meus pais, **Elianne e Paulo Afonso** e aos meus irmãos, **Bernardo, Carolina, Eduardo e Felipe**, por quem eu tenho o maior amor do mundo e o maior agradecimento por tudo que já me proporcionaram. Vocês são os grandes amores da minha vida e com certeza este trabalho, e tudo que já realizei, não teria sido alcançado sem vocês.

Ao meu namorado e amado, **Guenther Schuldt Filho**, por ter me acompanhado com muito carinho e paciência na etapa final deste trabalho. A tua presença foi o meu maior conforto nas horas difíceis. Eu te amo muito e te considero um dos maiores presentes que a vida me já me deu. Obrigada por ser tão maravilhoso.

À **Prof^a. Dra. Graziela de Luca Canto**, por todo o apoio, presteza, preocupação, conselhos e paciência. Carrego por ti um carinho muito especial.

Aos meus padrinhos, **Teresa Maria e Henrique**, que são dois presentes que a vida me deu.

À minha dupla e grande amiga, **Laís Olsson**, que me acompanhou durante toda essa trajetória, compartilhando comigo tanto os momentos de estudos e aprendizados, como os de lazer, sem a qual com certeza a minha faculdade não teria sido a mesma. Eu te amo amiga. Obrigada por estar comigo todos os dias durante esses nossos cinco anos de Odontologia.

Aos meus colegas de turma, que dividiram comigo esses cinco anos, sempre com muito companheirismo e amizade. Vocês todos moram no meu coração.

À minha cunhada e amiga, **Heloísa Lopes**, pela ajuda na redação deste trabalho.

E a todos que contribuíram e de alguma forma tornaram a realização deste trabalho possível, muito obrigada!

“A felicidade às vezes é uma bênção, mas geralmente é uma conquista.”

(Paulo Coelho, 1999)

Vieira DP. Influência do óxido de bismuto na solubilidade e desintegração do Cimento Portland Branco. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Florianópolis: Curso de Graduação em Odontologia da UFSC; 2011.

RESUMO

O MTA apresenta como radiopacificador o óxido de bismuto (Bi_2O_3), que tem recebido críticas por não participar da presa do material e torná-lo mais poroso. Por apresentar composição química semelhante e menor preço, o cimento Portland tem substituído o MTA nas pesquisas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a solubilidade e desintegração do cimento Portland branco com diferentes concentrações de Bi_2O_3 (10, 15, 20 e 30%). Foram utilizados 12 anéis de teflon, com 4 mm de espessura e 12 mm de diâmetro, preenchidos com os cimentos. Após a presa, as amostras foram pesadas (peso hidratado inicial = P_{H0}) e depois de 24 h, em dessecador, foram pesadas novamente (peso desidratado inicial = P_{D0}). Em seguida as amostras foram divididas e imersas em água deionizada por 7 e 30 dias. Passados os períodos, os mesmos procedimentos foram realizados obtendo novos pesos (PH_{7d} , PD_{7d} , PH_{30d} e PD_{30d}). A solubilidade e desintegração dos cimentos corresponderam à perda de massa identificada pelo peso de cada amostra, expressa como percentual de peso perdido em comparação ao peso original. Para análise estatística foi empregado o teste ANOVA two-way, em cada período, e o de Tukey HSD para localizar as diferenças entre os grupos ($\alpha=5\%$). Não foi observado desintegração dos cimentos. Houve diferença entre os grupos na avaliação de 7 dias (hidratados e desidratados) e entre os períodos para o cimento Portland puro quando pesado desidratado ($p<0,05$). Apesar de haver diferença estatística na solubilidade dos cimentos aos 7 dias, todos apresentaram comportamento semelhante após 30 dias de armazenamento em água.

Palavras-chave: cimentos dentários, endodontia, solubilidade.

ABSTRACT

Mineral Trioxide Aggregate (MTA) has as radiopacifier bismuth oxide (Bi_2O_3), which has received criticism for not taking part of the material setting and for make it more porous. Portland cement has similar composition and lower price as compared to MTA and because of that, Portland cement has replaced MTA in many researches. This study aimed to evaluate the solubility and the disintegration of Portland cement with different concentrations of Bi_2O_3 (0, 10, 15, 20 e 30%). Twelve teflon rings ($r = 4$ mm, $\varnothing = 12$ mm) were filled with cement. After setting, the samples were weighed (initial hidrated weight = PH_0) and after 24 h in a dissecator, the samples were again weighed (initial dehydrated weight = PD_0). Then the samples were divided and immersed in deionized water for 7 and 30 days. After those periods, the same procedures were performed and new weights were obtained ($\text{PH}_{7\text{d}}$, $\text{PD}_{7\text{d}}$, $\text{PH}_{30\text{d}}$ e $\text{PD}_{30\text{d}}$). The solubility and disintegration of the cements was measured by the loss of mass identified by the weight of each sample, expressed as percentage of weight lost when compared to the original weight. For statistical analysis it was employed the two-way ANOVA test, in each period, and the Tukey HSD to indicate the significant differences ($\alpha=5\%$). It was not observed disintegration of the cements. There was a difference between the groups in the 7 days analysis (hidrated and dehydrated) and between the periods for pure Portland cement when weighed dehydrated ($p<0,05$). Although there was statistical difference in the solubility of the groups at 7 days, all showed the same behavior after 30 days of storage in water.

Keywords: dental cements, endodontic, solubility.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Proporções e siglas dos cimentos para o experimento de sete e trinta dias.	16
Tabela 2 - Tamanho da amostra (N), médias, desvios-padrão (DP), erro-padrão (EP), valores mínimo e máximo da variação percentual das massas das amostras avaliadas hidratadas..	Erro! Indicador não definido.
Tabela 3 - Análise de variância <i>two-way</i> , dos valores médios do percentual de solubilidade dos grupos mensurados hidratados..	Erro! Indicador não definido.
Tabela 4 - Médias, desvios-padrão e resultados dos testes estatísticos para comparação do percentual de solubilidade após 7 e 30 dias dos cinco grupos pesados hidratados.....	19
Tabela 5 - Tamanho da amostra (N), médias, desvios-padrão (DP), erro-padrão (EP), valores mínimo e máximo da variação percentual das massas das amostras avaliadas desidratadas....	Erro! Indicador não definido.
Tabela 6 - Análise de variância <i>two-way</i> , dos valores médios do percentual de solubilidade dos grupos mensurados desidratados..	Erro! Indicador não definido.0
Tabela 7 - Médias, desvios-padrão e resultados dos testes estatísticos para comparação do percentual de solubilidade após 7 e 30 dias de armazenamento dos cinco grupos pesados desidratados..	Erro! Indicador não definido.1

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 ARTIGO	14
INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS.....	18
Análise da solubilidade.....	18
Amostras Hidratadas	18
Amostras Desidratadas	20
DISCUSSÃO	22
Quanto a Metodologia	22
Quanto aos Resultados	23
CONCLUSÕES	25
REFERÊNCIAS	25
3 REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

O agregado de trióxido mineral (MTA) foi desenvolvido em 1993 para ser empregado no selamento das comunicações entre o sistema de canais radiculares e o periodonto, principalmente em perfurações e como material retroobturador (HWANG et al., 2009). Vários materiais retroobturadores têm sido avaliados na busca de um material com propriedades físico-químicas e biológicas ideais. O material de escolha deve selar tridimensionalmente as vias de comunicação entre o sistema de canais radiculares e os tecidos que o circundam. Além disso, não pode ser tóxico e carcinogênico, ser tolerado pelos tecidos do hospedeiro, insolúvel aos fluidos tecidulares e apresentar estabilidade dimensional. Outras características interessantes são a fácil manipulação, a radiopacidade, para que possa ser identificado em radiografias, e a estabilidade física mantendo-se íntegro na presença de umidade. Na maioria das pesquisas já realizadas, o MTA se mostrou superior a outros materiais (PARIROKH & TORABINEJAD, 2010).

O MTA é um dos materiais mais estudados em endodontia e vem sendo utilizado em outras situações clínicas ampliando suas indicações (CAMILLERI et al., 2007) como na proteção pulpar direta, pulpotomia, apicificação e no tratamento de defeitos ocasionados por reabsorções (HWANG et al., 2009).

As características físico-químicas do MTA dependem diretamente do tamanho das partículas, proporção pó/líquido, temperatura, presença de água e de bolhas de ar durante a manipulação (TORABINEJAD et al., 1993). Recém preparado, apresenta pH de 10,2, elevando-se para 12,5 após 3 h, e então permanece constante. Após presa, possui resistência à compressão de aproximadamente 40 MPa em 24 h, e após 21 dias de 67 MPa (TORABINEJAD et al., 1995).

Pesquisas *in vitro* e *in vivo* mostraram que o MTA é biocompatível (MENEZES et al., 2004), não mutagênico (KETTERING, TORABINEJAD., 1995) e estimula a proliferação de células (THOMSON et al., 2003; KOH et al., 1998). Quando em contato com os tecidos perirradiculares, propicia condições favoráveis ao reparo, estimulando a migração e a diferenciação de novas células, formação de tecido mineralizado e a neoformação de fibras periodontais (FELIPPE et al., 2006).

O MTA de cor cinza inicialmente comercializado com o nome de ProRoot (Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma, CA, USA), atualmente apresenta nova fórmula e cor branca. Tanto o MTA cinza quanto o branco são constituídos de 75% de clínquer de cimento Portland, 5% de sulfato de cálcio diidratado (gesso) e 20% de óxido de bismuto (Bi_2O_3) que é responsável pela radiopacidade do material (ESTRELA et al., 2000).

A indústria brasileira (Angelus Soluções Odontológicas) também desenvolveu um MTA de cor cinza e um de cor branca, que receberam os nomes de MTA-Angelus e MTA Branco, respectivamente. A diferença de cor se deve, principalmente, a menor porcentagem de trióxido de ferro no MTA de cor branca (ASGARY et al., 2005). A mudança da cor ampliou sua indicação para áreas estéticas, principalmente em dentes anteriores (BORTOLUZZI et al., 2007). Segundo o fabricante (ANGELUS, 2006), o MTA Branco apresenta 80% de cimento Portland e 20% de Bi_2O_3 , porém é isento de gesso, substância utilizada para retardar o tempo de presa do cimento Portland (ANGELUS, 2006; BORTOLUZZI et al., 2006).

A composição do MTA é muito semelhante a do cimento Portland (COOMARASWAMY et al., 2007), além disso, possuem propriedades biológicas similares (SAIDON et al., 2003). Devido a essas características, o cimento Portland vem sendo avaliado como um possível substituto do MTA em endodontia (HWANG et al. 2009). Além de apresentar baixo custo, grande disponibilidade, tem demonstrado ser biocompatível (BORTOLUZZI et al., 2009). No entanto, este material não cumpre os requisitos mínimos estabelecidos pela norma ISO 6876/2001 para radiopacidade (HWANG et al., 2009), ou seja, é difícil diferenciá-lo do dente e do osso, e por isso não se torna adequado para aplicações clínicas (KIM et al., 2008; BORTOLUZZI et al., 2009). Portanto, um radiopacificador deve ser adicionado ao cimento Portland para ele obter uma adequada radiopacidade (MIN et al., 2007), e este não pode alterar as suas outras propriedades (COUTINHO-FILHO et al., 2008). Em alguns trabalhos, o Bi_2O_3 tem sido adicionado aos cimentos na proporção de 20% (BORTOLUZZI et al., 2006a; BORTOLUZZI et al., 2006b).

O bismuto é um metal pesado que é utilizado como radiopacificador nos MTAs sob a forma de Bi_2O_3 (KIM et al. 2008). Este apresenta propriedades tóxicas consideravelmente mais baixas que os seus vizinhos na tabela periódica, tal como o chumbo, o tálio e o antimônio (MIN et al., 2007). Foi visto que a adição de pelo menos

15% de Bi_2O_3 dá ao cimento Portland radiopacidade suficiente para ser utilizado como material endodôntico (BUENO et al., 2009).

Entretanto, a adição do Bi_2O_3 vem sendo questionada, uma vez que este composto não participa da reação de presa do MTA (CAMILLERI et al., 2007), foi encontrado em grandes quantidades nos tecidos adjacentes ao material restaurador (KIM et al., 2008), não estimula o crescimento celular (CAMILLERI et al., 2004), e está relacionado com a citotoxicidade do cimento sobre células pulpares humanas (MIN et al., 2007). A presença de Bi_2O_3 diminui a estabilidade mecânica do material através da indução de falhas e aumento da porosidade. Estas falhas na matriz do cimento podem levar à rachaduras, que inevitavelmente existem em decorrência do estresse inicial da presa do cimento, e o aumento da porosidade leva a um aumento na solubilidade e posterior degradação do material. Estes efeitos deletérios podem comprometer a longevidade do material, tornando-o mais susceptível a desintegração e comprometendo a sua capacidade seladora (COOMARASWAMY et al. 2007).

O efeito citotóxico e de porosidade do MTA podem estar relacionados com a solubilidade do Bi_2O_3 . Por este motivo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a solubilidade e desintegração do cimento Portland branco com diferentes concentrações de Bi_2O_3 (10, 15, 20 e 30%), nos períodos de sete e trinta dias.

2 ARTIGO

Influência do óxido de bismuto na solubilidade e desintegração dos MTAs

Vieira DP, Borgonovo C, Bunn DL

Department of Dentistry, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina,
Brazil

Artigo formatado segundo as diretrizes do Journal of Endodontics.

INTRODUÇÃO

O agregado de trióxido mineral (MTA), um dos materiais mais pesquisados na Endodontia, apresenta como principais indicações o selamento de perfurações e o preenchimento de cavidades retrógradas em cirurgias pararendodônticas (1, 2) devido a sua boa capacidade seladora (3-8) biocompatibilidade (9-14) e por estimular a formação de tecido mineralizado (15-17).

O MTA de cor cinza inicialmente comercializado com o nome de ProRoot (18), atualmente apresenta nova fórmula e cor branca. Tanto o MTA cinza quanto o branco são constituídos de 75% de clínquer de cimento Portland, 5% de sulfato de cálcio diidratado (gesso) e 20% de óxido de bismuto (Bi_2O_3) que é responsável pela radiopacidade do material (19).

A indústria brasileira (Angelus Soluções Odontológicas) também desenvolveu um MTA de cor cinza e um de cor branca, que receberam os nomes de MTA-Angelus e MTA Branco, respectivamente. A diferença de cor se deve, principalmente, a menor porcentagem de trióxido de ferro no MTA de cor branca (20). A mudança da cor ampliou sua indicação para áreas estéticas, principalmente em dentes anteriores (21). Segundo o fabricante (22), o MTA Branco apresenta 80% de cimento Portland e 20% de Bi_2O_3 , porém é isento de gesso, substância utilizada para retardar o tempo de presa do cimento Portland (22, 23).

Atualmente, o cimento Portland tem sido avaliado como alternativa ao MTA, devido ao seu baixo custo e ampla disponibilidade (24), e ele tem se mostrado biocompatível e com potencial para ser utilizado como material endodôntico (14, 25-29). Entretanto, o cimento Portland não contém radiopacificador, substância importante para distinguir o material de estruturas anatômicas, osso e dente (30). Em alguns trabalhos, o Bi_2O_3 tem sido adicionado ao cimento Portland na proporção de 20% (31, 32).

Recentemente a adição do Bi_2O_3 foi criticada, uma vez que ele não participa da reação de presa do MTA, apresentando-se somente como material de preenchimento (33). O Bi_2O_3 também tem sido relacionado com a porosidade do cimento Portland, fato que pode implicar em uma maior solubilidade e degradação do cimento (34). Além

disso, estudos mostraram que o Bi_2O_3 não encoraja o crescimento celular (35) e está relacionado com a citotoxicidade do cimento sobre células pulpares humanas (36).

Neste cenário, novos radiopacificadores já foram propostos para o MTA e cimento Portland, como o iodofórmio (30) e o sulfato de bário (37).

O efeito citotóxico e de porosidade do MTA podem estar relacionados com a solubilidade do Bi_2O_3 . Por este motivo, é objetivo deste trabalho avaliar a solubilidade e desintegração do cimento Portland branco com diferentes concentrações de Bi_2O_3 (10, 15, 20 e 30%), nos períodos de sete e trinta dias.

MATERIAL E MÉTODOS

As proporções de pó/líquido e siglas dos cimentos utilizados nos experimentos estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Proporções e siglas dos cimentos para o experimento de sete e trinta dias.

Cimentos	Siglas	
	7 dias	30 dias
CPB (1,0 g)	CPB A _{7d}	CPB A _{30d}
CPB (0,9 g) + Bi_2O_3 (0,1 g)	CPB B _{7d}	CPB B _{30d}
CPB (0,85 g) + Bi_2O_3 (0,15 g)	CPB C _{7d}	CPB C _{30d}
CPB (0,8 g) + Bi_2O_3 (0,2 g)	CPB D _{7d}	CPB D _{30d}
CPB (0,7 g) + Bi_2O_3 (0,3 g)	CPB E _{7d}	CPB E _{30d}

Teste de solubilidade e desintegração

Foram utilizados anéis de teflon medindo 4 mm de espessura e 12 mm de diâmetro interno com parede de 2 mm (38). Em cada anel, foi realizada uma perfuração com broca carbide nº 2 para passagem de um fio de nylon, que posteriormente serviu para a sua suspensão.

Os cimentos foram espatulados com uma proporção de um 1g de pó contendo cimento Portland branco com diferentes concentrações de óxido de bismuto, para 0,35

mL de água destilada. Após a espatulação os anéis foram preenchidos com os diferentes cimentos e o conjunto (amostra) foi levado à estufa a 37° C e umidade relativa de 95%.

Decorrido um intervalo de tempo igual a três vezes o tempo de presa de cada cimento, os anéis foram removidos da estufa e, após a remoção dos resíduos ou partículas soltas com uma lixa d'água 600 (3M, Brasil), foram pesados (P_{H0}) em uma balança de precisão (AND modelo GR-202, Tokyo Japão). Após 24 h, em dessecador com sílica, cada anel foi submetido à nova pesagem (P_{D0}).

Realizada esta etapa, cada anel foi suspenso por um fio de nylon e colocado no interior de um recipiente plástico contendo 50 mL de água destilada e deionizada, e o conjunto foi reconduzido à estufa a 37° C.

Após sete dias, os anéis foram retirados dos recipientes plásticos e, depois da remoção do excesso de água, foram pesados (P_{H7d}). Logo após, voltaram ao dessecador por 24 h e, após este tempo, foram novamente pesados (P_{D7d}).

Os mesmos procedimentos foram realizados em 30 dias. Portanto, o primeiro grupo foi mantido por sete dias em estufa (P_{H7d} , P_{D7d}) e o segundo por 30 dias (P_{H30d} e P_{D30d}).

A solubilidade e desintegração dos cimentos correspondeu à perda de peso de cada amostra, expressa como percentual do peso perdido em comparação ao peso original.

Os resultados obtidos foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se apresentavam distribuição normal, depois ao teste de Análise de Variância com dois fatores (ANOVA *two-way*) para indicar possíveis diferenças entre os grupos e ao teste de Tukey HSD para localizar as diferenças, com nível de significância de 5%.

A análise estatística foi realizada com auxílio dos programas Microsoft Excel 2008 (Microsoft Office system 2008) e SPSS 19 (SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

RESULTADOS

Na água, onde as amostras dos cimentos ficaram imersas em cada período experimental, não foram observadas partículas dos cimentos no fundo dos recipientes nem em suspensão. Também não foi observado o turvamento da água. Assim, concluímos que não houve desintegração dos cimentos. Entretanto, constatou-se por meio da pesagem das amostras, que houve a solubilização.

Análise da solubilidade

A presente análise é constituída por 120 valores do percentual de solubilidade do cimento Portland branco com diferentes concentrações de Bi_2O_3 . Sessenta valores foram obtidos com as amostras hidratadas e os outros 60 com as amostras desidratadas, os quais foram analisados separadamente.

Amostras Hidratadas

Os sessenta valores do percentual de solubilidade das amostras hidratadas estão divididos em dois períodos (7 e 30 dias) e cinco grupos com diferentes concentrações de Bi_2O_3 (n=6).

A Tabela 2 apresenta a estatística descritiva do percentual de variação dos valores de solubilidade das amostras pesadas hidratadas.

Tabela 2 - Tamanho da amostra (N), médias, desvios-padrão (DP), erro-padrão (EP), valores mínimo e máximo da variação percentual das massas das amostras avaliadas hidratadas.

Período	Grupo	N	Média	DP	EP	Mínimo	Máximo
7 dias	A	6	-5,299	0,184	0,075	-5,535	-5,113
	B	6	-5,725	0,132	0,054	-5,947	-5,577
	C	6	-5,935	0,162	0,066	-6,175	-5,788
	D	6	-6,127	0,287	0,117	-6,493	-5,875
	E	6	-6,143	0,457	0,186	-7,043	-5,867
30 dias	A	6	-6,013	0,606	0,247	-6,714	-5,209
	B	6	-5,718	0,426	0,174	-6,200	-5,103
	C	6	-5,635	0,355	0,144	-6,051	-5,197
	D	6	-5,768	0,205	0,084	-6,013	-5,407
	E	6	-5,952	0,918	0,375	-7,187	-5,147

A Tabela 3 apresenta o resultado do teste ANOVA *two-way* para a comparação entre os períodos de armazenamento (7 dias e 30 dias) e os grupos (A, B, C, D e E).

Tabela 3 - Análise de variância *two-way*, dos valores médios do percentual de solubilidade dos grupos mensurados hidratados.

Variáveis avaliadas	S.Q.	G.L.	Q.M.	F	p-valor
Períodos	0,012	1	0,012	0,065	0,800
Grupos	1,265	4	0,316	1,180	0,637
Períodos x grupos	2,286	4	0,572	2,958	0,029
Erro	9,661	50	0,193		

Somas de quadrados (S.Q.), graus de liberdade (G.L.), quadrados médios (Q.M.), valores de F e valores probabilísticos obtidos (p-valor).

A Análise de Variância mostrou que existe correlação significativa entre os períodos avaliados e os grupos ($p=0,029$), ou seja, há interação entre as variáveis nominais avaliadas. Além disso, o teste mostrou que não houve diferença significativa na comparação entre os períodos avaliados ($p=0,800$) e nem entre os grupos ($p=0,637$) quando avaliados de forma independente. A localização das diferenças estatísticas foi realizada pelo teste de Tukey HSD (Tabela 4).

Tabela 4 - Médias, desvios-padrão e resultados dos testes estatísticos para comparação do percentual de solubilidade após 7 e 30 dias dos cinco grupos pesados hidratados.

Grupos	Períodos avaliados	
	7 dias	30 dias
A	-5,299±0,075 ^{Aa}	-6,013±0,247 ^{Aa}
B	-5,725±0,054 ^{ABa}	-5,718±0,174 ^{Aa}
C	-5,935±0,066 ^{ABa}	-5,635±0,144 ^{Aa}
D	-6,127±0,117 ^{Ba}	-5,768±0,084 ^{Aa}
E	-6,143±0,186 ^{Ba}	-5,952±0,375 ^{Aa}

Médias seguidas por letras MAIÚSCULAS iguais sobrescritas, nas colunas (para comparação entre os grupos), não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%.

Médias seguidas por letras MINÚSCULAS iguais sobrescritas, nas linhas (para comparação entre os períodos), não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%.

Observa-se na Tabela 4, por meio das letras maiúsculas, que há diferença estatística entre as amostras após 7 dias de armazenamento em água, porém essa diferença não é observada aos 30 dias. Na avaliação de 7 dias as amostras do grupo A foram as que apresentaram menor solubilidade, sendo estatisticamente igual as amostras dos grupos B e C.

Já os grupos D e E foram os que apresentaram maior solubilidade e são estatisticamente iguais aos grupos B e C.

Nota-se ainda, através das letras minúsculas, que não existe diferença estatística entre os períodos de armazenamento para nenhum grupo avaliado.

Amostras Desidratadas

A Tabela 5 apresenta a estatística descritiva do percentual de variação dos valores de solubilidade das amostras pesadas desidratadas.

Tabela 5 - Tamanho da amostra (N), médias, desvios-padrão (DP), erro-padrão (EP), valores mínimo e máximo da variação percentual das massas das amostras avaliadas desidratadas.

Período	Grupo	N	Média	DP	EP	Mínimo	Máximo
7 dias	A	6	-5,646	0,198	0,081	-5,904	-5,396
	B	6	-6,151	0,192	0,078	-6,373	-5,867
	C	6	-6,456	0,250	0,102	-6,812	-6,281
	D	6	-6,874	0,417	0,170	-7,364	-6,487
	E	6	-6,736	0,565	0,231	-7,772	-6,139
30 dias	A	6	-7,196	0,506	0,207	-7,767	-6,555
	B	6	-6,618	0,315	0,129	-6,987	-6,294
	C	6	-6,499	0,355	0,145	-6,840	-5,882
	D	6	-6,348	0,359	0,146	-6,909	-5,828
	E	6	-6,997	1,155	0,472	-8,537	-5,843

A Tabela 6 apresenta o resultado do teste ANOVA *two-way* para a comparação entre os períodos de armazenamento (7 dias e 30 dias) e entre os grupos (A, B, C, D e E) para as amostras avaliadas desidratadas.

Tabela 6 - Análise de variância *two-way*, dos valores médios do percentual de solubilidade dos grupos mensurados desidratados.

Variáveis avaliadas	S.Q.	G.L.	Q.M.	F	p-valor
Períodos	1,933	1	1,933	7,499	0,009
Grupos	1,839	4	0,460	1,783	0,147
Períodos x grupos	6,972	4	1,743	6,761	0,000
Erro	12,889	50	0,258		

Somas de quadrados (S.Q.), graus de liberdade (G.L.), quadrados médios (Q.M.), valores de F e valores probabilísticos obtidos (p-valor).

A Análise de Variância mostrou haver correlação significativa entre os períodos avaliados e os grupos ($p < 0,001$). Além disso, o teste de ANOVA indicou que houve diferença estatística entre os períodos avaliados ($p = 0,009$) de forma independente, porém não houve diferença entre os grupos ($p = 0,147$). Para localizar as diferenças estatísticas foi aplicado o teste de Tukey HSD (Tabela 7).

Tabela 7 - Médias, desvios-padrão e resultados dos testes estatísticos para comparação do percentual de solubilidade após 7 e 30 dias de armazenamento dos cinco grupos pesados desidratados.

Grupos	Períodos avaliados	
	7 dias	30 dias
A	$-5,646 \pm 0,198^{Aa}$	$-7,196 \pm 0,506^{Ab}$
B	$-6,151 \pm 0,192^{ABa}$	$-6,618 \pm 0,315^{ABa}$
C	$-6,456 \pm 0,250^{ABa}$	$-6,499 \pm 0,355^{ABa}$
D	$-6,874 \pm 0,417^{Ba}$	$-6,348 \pm 0,359^{Ba}$
E	$-6,736 \pm 0,565^{Ba}$	$-6,997 \pm 1,155^{ABa}$

Médias seguidas por letras maiúsculas iguais sobrescritas, nas colunas (para comparação entre os grupos), não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%.

Médias seguidas por letras minúsculas iguais sobrescritas, nas linhas (para comparação entre os períodos), não diferem entre si pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%.

Observa-se na Tabela 7, por meio das letras maiúsculas, que houve diferença estatística entre os grupos após 7 e 30 dias de armazenamento em água. Na avaliação de 7 dias o grupo A foi o grupo que apresentou menor solubilidade, sendo estatisticamente igual aos grupos B e C. Já os grupos D e E foram os que apresentaram maior solubilidade sendo estatisticamente diferentes do grupo A. Já na avaliação após 30 dias o grupo A foi o que apresentou maior solubilidade, diferindo estatisticamente do grupo D, que apresentou a menor.

Nota-se ainda, através das letras minúsculas, que existe diferença estatística entre os períodos de armazenamento para o grupo A devido ao aumento da solubilidade.

DISCUSSÃO

Quanto à Metodologia

O teste de solubilidade e desintegração seguiu a especificação #57 da ADA (38), porém com algumas modificações. Embora seja recomendado anéis de aço com 20 mm de diâmetro interno e 1,5 mm de altura para confecção das amostras, utilizamos anéis de teflon com 12 mm de diâmetro interno e 4 mm de altura, seguindo a metodologia sugerida por Bozeman et al. (39), com a intenção de diminuir o volume de material e aumentar sua retenção dentro do anel.

A solubilidade consiste na capacidade que tem uma substância de se dissolver em outra, e é expressa pela concentração da solução saturada da primeira na segunda. Desintegração é o ato ou efeito de desintegrar-se, separar de um todo.

A solubilidade está diretamente relacionada à dissociação dos componentes do material e a consequente dissolução dos mesmos no líquido circundante. Por este motivo, o tamanho e a forma das amostras são importantes, pois quanto maior a área de contato entre material e líquido maior será a possibilidade de dissolução, acarretando maior solubilidade. Por outro lado, a quantificação da solubilidade é realizada em função da diferença do peso da amostra antes e após o período de imersão, independentemente do tamanho da amostra. Portanto, deve-se ter cuidado ao comparar os estudos que utilizaram amostras de dimensões diferentes (40-43).

Na solubilidade não existe partícula em suspensão (o solvente permanece límpido), enquanto que na desintegração existe a liberação de partículas do corpo de prova, que ficam em suspensão (o solvente torna-se turvo). Como se deseja obter um cimento obturador que sofra o menos possível tanto solubilidade quanto desintegração, a especificação #57 da ADA (38) abrangeu em um só teste as duas situações, sendo aceitáveis valores de solubilidade menores ou iguais a 3%. Vale ressaltar novamente que as dimensões recomendadas demandam um volume de material, que acaba muitas vezes, por dificultar, até mesmo, por razões econômicas, a realização desse tipo de teste.

Foram também utilizados períodos experimentais mais longos do que o recomendado pela ADA (38), de 24 e 30 dias, baseado nos trabalhos de Fridland,

Rosado (40) e Danesh et al. (43), permitindo observar o comportamento dos materiais ao longo do tempo.

Além das possíveis alterações devido às dimensões das amostras e períodos experimentais, o método recomendado pela ADA (38) apresenta uma limitação, de iniciar o teste somente após a presa final dos materiais. Sabe-se que, os materiais, principalmente os hidrofílicos, podem ter algumas de suas características alteradas em função da umidade e do meio (44) e isto acontece durante uma cirurgia, onde os fluidos teciduais interagem com o material antes de sua presa. Provavelmente os índices de solubilização que ocorrem clinicamente difiram dos obtidos nas condições laboratoriais.

A pesagem das amostras antes de serem colocadas no dessecador forneceu o valor do peso da água absorvida (P_{H0} , P_{H7d} , P_{H30d}), e assim possibilitou avaliar a capacidade absorvente dos cimentos. Na verdade, dois processos competitivos tomam lugar, a absorção de água pelos poros dos cimentos e a dissolução. Neste estudo, os cimentos com diferentes concentrações de óxido de bismuto não absorveram água, mas perderam peso, possivelmente por solubilização de parte do material.

Quanto aos Resultados

O cimento Portland vem sendo avaliado como possível substituto do MTA em retrobturações. Quando comparados apresentaram características físico-químicas e biológicas semelhantes (19, 27, 45-47). Entretanto, são necessárias mais pesquisas para reforçar o emprego do cimento Portland em endodontia.

A radiopacidade do MTA foi comparada a do cimento Portland, e foi observado que o segundo não apresentou radiopacidade satisfatória para ser utilizado como um material retrobturador. Os autores atribuíram a esta diferença a presença do Bi_2O_3 no MTA (42). Por este motivo, um radiopacificador deve ser adicionado ao cimento Portland para lhe conferir radiopacidade suficiente afim de distinguí-lo dos tecidos adjacentes em retrobturações. O tipo e a concentração do radiopacificador podem influenciar as propriedades físicas e biológicas do cimento (34, 48). Por exemplo, o Bi_2O_3 pode ser genotóxico em concentrações elevadas (48). Na busca da concentração ideal de Bi_2O_3 para o cimento Portland, alguns autores avaliaram a radiopacidade

conferida pela adição 5, 10, 15, 20, 25 e 30% de Bi_2O_3 , e concluíram que o mínimo necessário para atender as normas da ISO (50), acima de 3 mm da escala de alumínio, é de pelo menos 15% (49).

Além da radiopacidade, a citotoxicidade do cimento Portland associado a diferentes concentrações de Bi_2O_3 também foi estudada (51). Kim et al. avaliaram a radiopacidade e o citotoxicidade do cimento Portland com a adição do Bi_2O_3 nas proporções de 4:1, 6:1 e 8:1. A proporção de 4:1, a mais concentrada, foi a que conferiu ao cimento uma radiopacidade semelhante a do MTA (grupo controle) e ela e as demais não promoveram efeitos citotóxicos (24). Alguns autores avaliaram as mesmas propriedades, mas com proporções de Bi_2O_3 diferentes (51). O grupo com a proporção de 25% de Bi_2O_3 foi o que obteve radiopacidade semelhante a do MTA (controle). Em relação à citotoxicidade, embora o MTA tenha apresentado maior viabilidade celular, não diferiu estatisticamente do cimento Portland com 25% do radiopacificador. Entretanto, em outros estudos, o Bi_2O_3 não estimulou o crescimento celular (35), e foi citotóxico sobre células pulpares humanas (36).

Dentre os metais pesados, o bismuto tem consideravelmente menor toxicidade que seus vizinhos na tabela periódica, como o chumbo, o tálio e o antimônio (36). Mesmo assim, verificou-se que a citotoxicidade do cimento Portland com Bi_2O_3 foi estatisticamente maior que a do cimento Portland puro num período de 12 e 24 horas. Contudo, essa citotoxicidade foi diminuindo conforme o tempo. Isto indica que em períodos curtos de tempo o cimento Portland com Bi_2O_3 apresenta maior citotoxicidade, e esta alcança o nível do cimento Portland puro em experimentos de períodos mais longos (36). Isto vai de encontro aos resultados deste estudo onde no período mais curto, de 7 dias, houve maior solubilidade do cimento.

Verificou-se que após sete dias de armazenamento em água, as amostras hidratadas, apresentaram diferença estatística entre os cimentos com diferentes proporções de Bi_2O_3 . O cimento Portland puro apresentou a menor solubilidade e quando proporcionado com maiores concentrações do radiopacificador houve maior perda de peso. A solubilidade foi aumentando proporcionalmente a concentração de Bi_2O_3 nas amostras. Já em trinta dias o cimento puro e com 20% de Bi_2O_3 foram semelhantes estatisticamente.

Na literatura há relatos da realização do teste de solubilidade somente para o cimento Portland branco com 20% de Bi_2O_3 , e foi utilizada uma marca diferente de cimento (52). Deste modo, os resultados do presente estudo não podem ser comparados diretamente a nenhum outro trabalho. Tanto o cimento Portland puro quanto os cimentos com as diferentes proporções de Bi_2O_3 não se enquadram dentro da recomendação da ADA (38), pois apresentaram valores de solubilidade acima de 3%.

Além disso, a adição do Bi_2O_3 ao cimento Portland altera a estrutura do material, gerando falhas dentro da matriz do cimento. A adição do Bi_2O_3 também diminui a estabilidade mecânica do material e aumenta a porosidade do mesmo (34). Tal fato também pode explicar porque ocorreu uma maior solubilidade nos cimentos que apresentavam maior proporção de Bi_2O_3 no período de sete dias. Com o passar do tempo (30 dias), os valores de solubilidade foram mais próximos, mostrando que em períodos mais longos, o radiopacificador não influencia de maneira significativa na solubilidade do cimento.

Novos radiopacificadores já foram propostos para o MTA e cimento Portland, como o iodoformio (29), o sulfato de bário (37) e o óxido de zircônio (52). Enquanto não existirem mais pesquisas sobre o assunto, o Bi_2O_3 ainda parecer ser o radiopacificador mais indicado.

CONCLUSÕES

Em 7 dias, a solubilidade do cimento Portland aumenta proporcionalmente ao aumento da concentração de Bi_2O_3 . Entretanto, em períodos mais longos (30 dias), a concentração do radiopacificador não interfere na solubilidade do cimento.

REFERÊNCIAS

- 1- Lee SJ, Monsef M, Torabinejad M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. J Endod 1993;19:541-44.
- 2- Torabinejad M, Chivian N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. J Endod 1999;25:197-205.

- 3- Bates CF, Carnes DL, Del Rio CE. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. *J Endod* 1996;22:575-78.
- 4- Fischer EJ, Arens DE, Miller CH. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material and super-EBA as a root-end filling material. *J Endod* 1998;24:176-79.
- 5- Wu MK, Kontakiots EG, Wesselink PR. Long-term seal provided by some root-end filling materials. *J Endod* 1998;24:557-60.
- 6- Aqrabawi J. Sealing ability of amalgam super EBA cement and MTA when used as retrograde filling materials. *Br Dent J* 2000;188:266-68.
- 7- Fogel HM, Peikoff MD. Microleakage of root-end filling materials. *J Endod* 2001;27(7):456-58.
- 8- Tang HM, Torabinejad M, Kettering JD. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. *J Endod* 2002;28:5-7.
- 9- Torabinejad M, Hong CU, McDonald F, Pitt Ford TR. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. *J Endod* 1995;21: 349-53.
- 10- Koh ET, Torabinejad M, Pitt Ford TR, Brady K, McDonald F. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. *J Biomed Mat Res* 1997;37:432-9.
- 11- Thomson TS, Berry JE, Somerman MJ, Kirkwood KL. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2003; 29:407-12.
- 12- Aeinehchi M, Eslami B, Ghanbariha M, Saffar AS. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. *Int Endod J* 2003; 36:225-31.
- 13- Menezes R, Bramante CM, Letra A, et al. Histologic evaluation of the pulpotomies in dog using two types of trioxide aggregate and regular White Portland cements as wound dressings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98:376-9.
- 14- Felipe WT, Felipe MCS, Rocha MJC. The effect of mineral trioxide aggregate n the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation. *Int Endod J* 2006;39:2-9.

- 15- Holland R, Souza V, Nery MJ, Otoboni Filho JÁ, Bernabé PFE, Dezan E. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes filled with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide, *J Endod* 1999;25:161-66
- 16- Moretton TR, Brown CE, Legan JJ, Kafrawy AH. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of mineral trioxide aggregate and ethoxybenzoic acid cement. *J Biom Mat Res* 2000;52:528-33.
- 17- Sarkar NK, Caicedo R, Ritwik P, Moiseyeva R, Kawashima I. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005; 31: 97–100.
- 18- Dentsply Tulsa Dental, Oklahoma, CA, USA
- 19- Estrela C. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, sealapex and Dycal. *Braz Dent J* 2000;11:3-9.
- 20- Asgary S, Parirokh M, Eghbal MJ, Brink F. Chemical differences between White and Gray mineral trioxide aggregate. *J Endod* 2005;31:101-03.
- 21- Bortoluzzi EA, Araujo GS, Guerreiro Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M. Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report. *J Endod* 2007;33: 325-27.
- 22- Angelus Soluções Odontológicas, Londrina, PR, Brazil
- 23- Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Garcia RB, de Moraes IG, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *J Endod* 2006;32:897-900.
- 24- Kim EC, Lee BC, Chang HS, Lee W, Hong CU, Min KS. Evaluation of the radiopacity and cytotoxicity of Portland cements containing bismuth oxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008;105:54-7.
- 25- Camilleri J, Montesin FE, Di Silvio L, Pitt Ford TR. The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. *Int Endod J* 2005;38:834-42.
- 26- Trindade AC, Olveira EP, Figueiredo JAP. Análise comparativa da resposta tecidual ao agregado trióxido mineral (MTA) e ao cimento Portland isolado e acrescido de substância radiopacizante. *JB J Bras Endod* 2003;4:309-14
- 27- Holland R, Souza V, Murata SS, Nery MJ, Bernabé PFE, Otoboni Filho JA, Dezan Junior E. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp

- covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. *Braz Dent J* 2001;12:109-13.
- 28- Saidon J, Jianing H, Zhu Q, Safavi K, Spangberg L. Cell and tissue reactions to mineral aggregate and Portland cement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:483-9.
- 29- Morais CAH, Bernardineli N, Garcia RB, Duarte MAH, Guerisoli DMZ. Evaluation of tissue response to MTA and Portland cement with iodoform. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2006; 102: 417-21.
- 30- Beyer-Olsen EM, Orstavik D. Radiopacity of root canal sealers. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1981;51:320-28.
- 31- Bortoluzzi EA, Broon NJ, Bramante CM, Garcia RB, Moraes IG, Bernardineli N. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. *J Endod.* 2006a;32:897-900.
- 32- Bortoluzzi EA, Broon NJ, Duarte MAH, Demarchi ACCO, Bramante CM. The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement. *J Endod.* 2006b; 32: 1194-7.
- 33- Camilleri J. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2007;40:462-70.
- 34- Coomaraswamy KS, Lumley PJ, Hofmann MP. Effect of bismuth oxide radiopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system. *J Endod* 2007;33: 295-8.
- 35- Camilleri J. Cytomorphology of osteoblasts exposed to two commercial forms of mineral trioxide aggregate. *Int Endod J* 2004;37:699-704.
- 36- Min KS, Chang HS, Bae JM, Park SH, Hong CU, Kim EC. The induction of heme oxygenase-1 modulates bismuth oxide-induced cytotoxicity in human dental pulp cells. *J Endod* 2007;33:1342-6.
- 37- Bortoluzzi EA, Bramante CM, Consolaro A, Broon NJ, Pinheiro TN. Avaliação da reação do tecido subcutâneo de ratos à implantação dos cimentos MTA e Portland brancos com radiopacificador. *Braz Oral Res* 2005;19:121./Abstract n. Pa084/
- 38- American National Standard. American Dental Association Specification n° 57 for endodontic filling materials. Chicago: ADA; 1984.

- 39- Bozeman TB, Lemon RR, Eleazer PD. Elemental analysis of crystal precipitate from gray and white MTA. *J Endod* 2006;32:425-8.
- 40- Fridland, M., Rosado, R. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Solubility and Porosity with Different Water-to-Powder Ratios. *J Endod* 2003;29:14-817.
- 41- Chng HK, Islam I, Yap AUJ, Tong YW, Koh ET. Properties of a new root-end filling material. *J Endod* 2005;31(9):665-8.
- 42- Islam I, Chng HK, Yap AUJ. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. *J Endod* 2006;32:193-7.
- 43- Danesh G, Dammaschke T, Gerth HUV, Zandbiglari T, Schäfer E. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. *Int Endod J* 2006;39:213-9.
- 44- Lee YL, Lee BS, Lin FH, Yun Lin A, Lan WH, Lin CP. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials* 2004;25:787-93.
- 45- Wucherpennig AL, Green DB. Mineral trioxide vs. Portland cement – two biocompatible filling materials. *J Endod* 1999;25:308-12.
- 46- Ribeiro DA, Duarte MA, Matsumoto MA, Marques ME, Salvadori DM. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. *J Endod* 2005;31:605-7.
- 47- Sakai VT, Moretti AB, Oliveira TM, Fornetti AP, Santos CF, Machado MA, et al. Pulpotomy of primary molars with MTA and Portland cement: a randomised controlled trial. *Br Dent J* 2009; 207: 128-9.
- 48- Gomes Cornélio AL, Salles LP, Campos da Paz M, Cirreli JA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru Filho M. Cytotoxicity of Portland cement with different radiopacifying agents: a cell death study. *J Endod* 2011;37:203-10.
- 49- Bueno CE, Zeferino EG, Manhães LR Jr, Rocha DG, Cunha RS, De Martin AS. Study of the bismuth oxide concentration required to provide Portland cement with adequate radiopacity for endodontic use. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e65-9.
- 50- International Organization for Standardization. ISO TC/106, ISO 6876 for dental root canal sealing materials. Geneva, Switzerland: ISO; 2001. p.1-10.

- 51- Hwang Y.C, Lee SH, Hwang IN, Kang IC, Kim MS, Kim SH, et al. Chemical composition, radiopacity, and biocompatibility of Portland cement with bismuth oxide. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:96-102.
- 52- Bortoluzzi EA, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Duarte MA. Radiographic effect of different radiopacifiers on a potential retrograde filling material. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;108:628-32.

3 REFERÊNCIAS

AEINEHCHI, M. et al. Mineral trioxide aggregate (MTA) and calcium hydroxide as pulp-capping agents in human teeth: a preliminary report. **Int Endod J.**, v. 36, n.3, p. 225-231, Mar. 2003.

American National Standard Institute/American Dental Association Specification n° 57 for endodontic filling materials. Chicago: ADA; 1984.

Angelus. MTA Branco: cimento reparador. Londrina: Angelus, 2006.

AQRABAWI, J. Sealing ability of amalgam, super EBA cement and MTA when used as retrograde filling materials. **Br Dent J.**, v. 188, n. 5, p. 266-268, Mar. 2000.

ASGARY, S. et al. Chemical differences between white and gray mineral trioxide aggregate. **J Endod.**, v. 31, n. 2, p. 101-103, Fev. 2005.

BATES, C. F.; CARNES, D. L.; DEL RIO, C. E. Longitudinal sealing ability of mineral trioxide aggregate as a root-end filling material. **J Endod.**, v. 22, n. 11, p. 575-578, Nov. 1996

BEYER-OLSEN, E. M.; ORSTAVIK, D. Radiopacity of root canal sealers. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol.**, v. 51, n. 3, p. 320-328, Mar. 1981.

BORTOLUZZI, E. A. et al. Avaliação da reação do tecido subcutâneo de ratos à implantação dos cimentos MTA e Portland brancos com radiopacificador. **Braz Oral Res.**, v. 19, p. 121, /Abstract n. Pa084/, 2005.

BORTOLUZZI, E. A. et al. Sealing ability of MTA and radiopaque Portland cement with or without calcium chloride for root-end filling. **J Endod.**, v. 32, p. 897-900, 2006^a.

BORTOLUZZI, E. A. et al. The use of a setting accelerator and its effect on pH and calcium ion release of mineral trioxide aggregate and white Portland cement. **J Endod.**, v. 32, p. 1194-7, 2006^b.

BORTOLUZZI, E. A. et al. Marginal gingiva discoloration by gray MTA: a case report. **J Endod.**, v. 33, p. 325-27, 2007.

BORTOLUZZI, E. A. et al. Radiographic effect of different radiopacifiers on a potential retrograde filling material. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 108, p. 628-32, 2009.

BORTOLUZZI, E. A. et al. The influence of calcium chloride on the setting time, solubility, disintegration, and pH of mineral trioxide aggregate and white Portland cement with a radiopacifier. **J Endod.**, v. 35, p. 550-4, 2009.

BOZEMAN, T. B.; LEMON, R. R.; ELEAZER, P. D. Elemental analysis of crystal precipitate from gray and white MTA. **J Endod.** v. 32, p. 425-8, 2006.

BUENO, C. E. et al. Study of the bismuth oxide concentration required to provide Portland cement with adequate radiopacity for endodontic use. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 107, n. 1, p. e65-69, Jan. 2009.

CAMILLERI, J. et al. Cytomorphology of osteoblasts exposed to two commercial forms of mineral trioxide aggregate. **Int Endod J.**, v. 37, p. 699–704, 2004.

CAMILLERI, J. et al. Hydration mechanisms of mineral trioxide aggregate. **Int Endod J.**, v. 40 p. 462–470, 2007.

CAMILLERI, J. et al. The chemical constitution and biocompatibility of accelerated Portland cement for endodontic use. **Int Endod J.**, v. 38, n. 4, p. 834-842, Out. 2005.

CHNG, H. K.; ISLAM, I.; YAP, A. U. J. et al. Properties of a new root-end

filling material. **J Endod.**, v. 31, n. 9, p. 665-8, 2005.

COOMARASWAMY, K. S.; LUMLEY, P. J.; HOFMANN, M. P. Effect of bismuth oxide radioopacifier content on the material properties of an endodontic Portland cement-based (MTA-like) system. **J Endod.**, v. 33, n. 3, p. 295-298, Mar. 2007.

COUTINHO-FILHO, T. et al. Radiopacity and histological assessment of Portland cement plus bismuth oxide. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 106, n. 6, p. e69-77, Dez. 2008.

DANESH G.; DAMMASCHKE T; GERTH H. U. V. et al. A comparative study of selected properties of ProRoot mineral trioxide aggregate and two Portland cements. **Int Endod J.**, v. 39 p. 213-9, 2006.

ESTRELA, C. Antimicrobial and chemical study of MTA, Portland cement, calcium hydroxide paste, sealapex and Dycal. **Braz Dent J.**, v. 11, n. 1, p. 3-9, 2000.

FELIPPE, W. T.; FELIPPE, M. C. S.; ROCHA, M. J. C. The effect of mineral trioxide aggregate on the apexification and periapical healing of teeth with incomplete root formation **Int Endod J.**, v. 39, n. 1, p. 2-9, Jan. 2006.

FISCHER, E. J.; ARENS, D. E.; MILLER, C. H. Bacterial leakage of mineral trioxide aggregate as compared with zinc-free amalgam, intermediate restorative material and super-EBA as a root-end filling material. **J Endod.**, v. 24, n. 3, p. 176-179, Mar. 1998.

FOGEL, H. M.; PEIKOFF, M. D. Microleakage of root-end filling materials. **J Endod.**, v. 27, n. 7, p. 456-458, Jul. 2001.

FRIDLAND, M.; ROSADO, R. Mineral Trioxide Aggregate (MTA) Solubility and Porosity with Different Water-to-Powder Ratios. **J Endod.**, v. 29, n. 12, p. 814-817, Dez. 2003.

GOMES CORNÉLIO, A. L. et al. Cytotoxicity of Portland cement with different radiopacifying agents: a cell death study. **J Endod**, v. 37, p. 203-210, 2011.

HOLLAND, R. et al. Reaction of rat connective tissue to implanted dentin tubes with mineral trioxide aggregate or calcium hydroxide. **J Endod**, v. 25, n. 3, p. 161-166, Mar. 1999.

HOLLAND, R. et al. Healing process of dog dental pulp after pulpotomy and pulp covering with mineral trioxide aggregate or Portland cement. **Braz Dent J.**, v. 12, n. 2, p. 109-113, 2001.

HWANG, Y. C. et al. Chemical composition, radiopacity, and biocompatibility of Portland cement with bismuth oxide. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 107, n. 3, p. e96-102, Mar. 2009.

ISLAM, I.; CHNG, H. K.; YAP, A. U. J. Comparison of the physical and mechanical properties of MTA and Portland cement. **J Endod**, v. 32, p. 193-7, 2006.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO TC/106, ISO 6876 for dental root canal sealing materials. Geneva, Switzerland: ISO; 2001. p.1-10.

KETTERING, J. D.; TORABINEJAD, M. Investigation of mutagenicity of mineral trioxide aggregate and other commonly used root-end filling materials. **J Endod**, v. 21, p. 537-542, 1995.

KIM, E. C. et al. Evaluation of the radiopacity and cytotoxicity of Portland cements containing bismuth oxide. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.**, v. 105, n. 1, p. e54-7, Jan. 2008.

KOH, E. T. et al. Mineral trioxide aggregate stimulates a biological response in human osteoblasts. **J Biomed Mat Res.**, v. 37, n. 3, p. 432-439, Dez. 1997.

KOH E. T. et al. Cellular response to mineral trioxide aggregate. *J Endod*, v. 24, p. 543-547, 1998.

LEE, S. J.; MONSEF, M.; TORABINEJAD, M. Sealing ability of a mineral trioxide aggregate for repair of lateral root perforations. *J Endod.*, v. 19, n. 11, p. 541-4, Nov. 1993.

LEE, Y. L.; LEE, B. S.; LIN, F. H.; et al. Effects of physiological environments on the hydration behavior of mineral trioxide aggregate. *Biomaterials.*,v. 25, p. 787-93, 2004.

MENEZES, R. et al. Histologic evaluation of pulpotomies in dog using two types of mineral trioxide aggregate and regular and White Portland cements as wound dressings. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, v. 98, n. 3, p. 376 –379, Set. 2004.

MIN, K. et al. The induction of heme oxygenase-1 modulates bismuth oxide-induced cytotoxicity in human dental pulp cells. *J Endod.*, v. 33, n. 11, p. 1342-1346, Nov. 2007.

MORAIS, C. A. H. et al. Evaluation of tissue response to MTA and Portland cement with iodoform. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.*, v. 102, n. 3, p. 417-421, Set. 2006.

MORETTON, T.R. et al. Tissue reactions after subcutaneous and intraosseous implantation of mineral trioxide aggregate and ethoxybenzoic acid cement. *J Biom Mat Res*, v. 52, n. 3, p. 528-533, dez. 2000.

PARIROKH, M.; TORABINEJAD, M. Mineral Trioxide Aggregate: A Comprehensive Literature Review – Part I: Chemical, Physical, and Antibacterial Properties. *J Endod*, v. 36, n. 1, p. 16-27, jan. 2010.

RIBEIRO, D. A. et al. Biocompatibility in vitro tests of mineral trioxide aggregate and regular and white Portland cements. *J Endod*, v. 31, p.605-7,

2005.

SAIDON, J. et al. Cell and tissue reactions to mineral aggregate and Portland cement. **Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod**, v. 95, n. 4, p. 483-489, abr. 2003.

SAKAI, V. T. et al. Pulpotomy of primary molars with MTA and Portland cement: a randomised controlled trial. **Br Dent J**, v.207, n.3, p.128-9, 2009.

SARKAR, N. K. et al. Physicochemical basis of the biologic properties of mineral trioxide aggregate. **J Endod**, v. 31, n. 2, p. 97–100, fev. 2005.

TANG, H. M.; TORABINEJAD, M.; KETTERING, J. D. Leakage evaluation of root end filling materials using endotoxin. **J Endod**, v. 28, n. 1, p. 5-7, jan. 2002.

THOMSON, T. S. et al. Cementoblasts maintain expression of osteocalcin in the presence of mineral trioxide aggregate. **J Endod**, v. 29, n. 6, p. 407–412, jun. 2003.

TORABINEJAD, M.; CHIVIAN, N. Clinical applications of mineral trioxide aggregate. **J Endod**, v. 25, n. 3, p. 197-205, mar. 1995.

TORABINEJAD, M. et al. Investigation of mineral trioxide aggregate for root-end filling in dogs. **J Endod** v. 21, n. 12, p. 603– 608, dez. 1995.

TORABINEJAD, M. et al. Physical and chemical properties of a new root-end filling material. **J Endod**, v. 21, p. 349-53, 1995.

TORABINEJAD, M.; WATSON, T. F.; PITT FORD, T. R. Sealing ability of an MTA when used as a root end filling material. **J Endod**, v. 19, p. 591-595, 1993.

TRINDADE, A. C.; OLIVEIRA, E. P. M.; FIGUEIREDO, J. A. F. Análise

comparativa da resposta tecidual ao agregado trióxido mineral (MTA) e ao cimento Portland, isolado e acrescido de substância radiopacizante. **JB: J Bras Endod**, v. 4, p. 309-314, 2003.

WUCHERPFENNIG, A. L.; GREEN, D. B. Mineral trioxide vs. Portland cement – two biocompatible filling materials. **J Endod** v. 25, p.308-12, 1999.

WU, M. K.; KONTAKIOTS, E. G.; WESSELINK, P. R. Long-term seal provided by some root-end filling materials. **J Endod**, v. 24, n. 8, p. 557-560, ago. 1998.