

Efeito do plasma de oxigênio na dentina previamente exposta ao NaOCl

Effect of oxygen plasma on dentin exposed to NaOCl

Maíra do PRADO^{a*}, Rafael Nigri ROIZENBLIT^a, Laura Villela PACHECO^a,
Carlos Augusto de Melo BARBOSA^a, Renata Antoun SIMÃO^a

^aUFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

Resumo

Introdução: O tratamento de plasma é uma tecnologia eficaz que pode manter as propriedades internas dos materiais inalteradas após o tratamento, modificando apenas a superfície. **Objetivo:** Avaliar o efeito do plasma de oxigênio na dentina previamente exposta ao NaOCl 6%. **Material e método:** Foram utilizados 60 incisivos bovinos. A coroa foi removida, a raiz foi dividida e as faces planificadas, totalizando 120 segmentos referentes ao terço cervical. As amostras foram divididas em dois grupos: controle (imersa em NaOCl 6%, lavada com água destilada, seca, imersa em EDTA 17%, lavada e seca) e plasma de oxigênio (após tratamento descrito no grupo controle, plasma de oxigênio foi aplicado por 30 s). As amostras foram avaliadas qualitativamente em relação à topografia por microscopia eletrônica de varredura, utilizando-se microfotografias com ampliação de 1.000×. O goniômetro Ramé-hart foi utilizado para a mensuração do ângulo de contato entre as superfícies e as seguintes soluções foram utilizadas: água, etilenoglicol e di-iodometano. Em seguida, a energia de superfície, representada pelas componentes polar e dispersiva, foi calculada. Avaliou-se também o escoamento dos cimentos Pulp Canal Sealer EWT (PCS) e Real Sal SE (RS) na superfície dentinária. Os dados foram analisados estatisticamente utilizando os testes *Kruskal-Wallis* e *Mann-Whitney U* ($p < 0,05$). **Resultado:** O tratamento com plasma levou à formação de uma camada semelhante à smear layer na superfície dentinária. Este tratamento levou a um aumento da energia de superfície e da componente polar, favorecendo a hidrofiliabilidade da superfície. Entretanto, desfavoreceu o escoamento do cimento PCS e não influenciou no escoamento do cimento RS. **Conclusão:** O plasma de oxigênio ocasionou mudanças topográficas na superfície dentinária, favorecendo a hidrofiliabilidade desta. Contudo, não favoreceu o escoamento dos cimentos endodônticos na dentina.

Descritores: Gases em plasma; hipoclorito de sódio; topografia; propriedades de superfície; molhabilidade.

Abstract

Introduction: Plasma treatment is an effective technology since the internal properties of the material is kept unchanged after treatment, modifying only the surface. **Objective:** To evaluate the effect of oxygen plasma on dentin previously exposed to 6% NaOCl. **Material and method:** 60 bovine incisors were used. The crown was removed, the root splitted and the faces planned amounting 120 segments related to the cervical third. The samples were divided into 2 groups, control (immersed in 6% NaOCl, washed with distilled water, dried, immersed in 17% EDTA, washed and dried) and oxygen plasma (after treatment described in the control group, oxygen plasma was applied for 30s). The samples were evaluated qualitatively in relation to topography by scanning electron microscopy using photomicrographs at 1000× of magnification. The Ramé-hart goniometer was used to measure the contact angle between the surfaces and the following solutions: water, ethyleneglycol, and diiodomethane. Then, surface energy, polar and dispersive components, was calculated. Additionally, it was evaluated the flow of Pulp Canal Sealer EWT (PCS) and Real Salt SE (RS) sealers on dentin surface. Data were statistically analyzed using *Kruskal-Wallis* e *Mann-Whitney U* ($p < 0.05$). **Result:** Plasma treatment caused topographical changes on dentin surface. This treatment led to an increase in surface energy and polar component, favoring the hydrophilicity of the surface. However, it disfavors the wettability of PCS and did not influence the RS wettability. **Conclusion:** The oxygen plasma caused topographical changes on dentin surface, favoring its hydrophilicity. However, it did not favor the sealers wettability on dentin.

Descriptors: Plasma gases; sodium hypochlorite; topography; surface properties; wettability.

INTRODUÇÃO

O hipoclorito de sódio (NaOCl) é, mundialmente, o irrigante mais utilizado durante o preparo dos canais radiculares, por associar atividade antimicrobiana e capacidade de dissolução tecidual¹. As desvantagens associadas ao uso deste irrigante estão relacionadas com sua alta toxicidade aos tecidos apicais e periapicais; ao fato de descolorar tecido; ao seu poder corrosivo; à sua baixa estabilidade, e aos danos causados à estrutura dentinária¹. O NaOCl danifica a estrutura colágena da dentina e reduz a microdureza dentinária^{2,3}. Além disso, é um forte agente oxidante, com ação proteolítica, e afeta negativamente o processo de adesão dos materiais obturadores à dentina⁴.

O tratamento com plasma é uma tecnologia “limpa” e “eficaz”, em que as propriedades internas dos materiais podem permanecer inalteradas ou preservadas após o tratamento⁵. Plasmas não térmicos ou ainda plasmas atmosféricos são gases parcialmente ionizados, que contêm partículas altamente reativas, incluindo átomos eletronicamente excitados, moléculas, íons e espécies de radicais livres, cuja fase gasosa permanece próxima da temperatura ambiente^{5,6}. Dependendo da composição química do plasma ou gás, estas espécies altamente reativas podem reagir com a superfície, limpando, causando uma erosão (etching), combinando-se com a mesma e formando uma fina camada de recobrimento por plasma, e, desta forma, alterar as características da superfície^{6,7}.

Diferentes métodos podem ser utilizados para produzir plasma, entre os quais⁷: descarga de barreira dielétrica, jato de plasma de pressão atmosférica, agulha de plasma e caneta ou lápis de plasma. Os gases comumente usados para produzir plasma são hélio (He), argônio (Ar), nitrogênio (N₂), oxigênio (O₂), Heliox (mistura dos gases He e O₂) e ar⁷.

Na Odontologia, o plasma atmosférico possui uma gama de aplicações, tais como: tratamento de cárie dentária⁸, esterilização⁹, desinfecção do canal radicular¹⁰, aumento da hidrofilidade¹¹, tratamento de pinos¹², aumento da força de união da dentina/compósito⁶ e compósito/fibra¹³, e clareamento dental¹⁴. O plasma de oxigênio tem sido proposto em diferentes campos da ciência dos materiais, uma vez que permite uma melhora nos níveis de adesão pelo aumento da área superficial, dado pelo aumento da rugosidade^{15,16}. Além disso, o uso deste plasma permite a criação de grupamentos funcionais, aumentando a hidrofilidade de superfícies^{13,17}.

Tendo em vista os efeitos deletérios do NaOCl na adesão dos materiais obturadores à dentina, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito do plasma de oxigênio na dentina previamente exposta ao NaOCl 6%. As hipóteses nulas testadas foram: (i) o plasma de oxigênio não gera alterações na topografia da dentina; (ii) este tratamento não altera a hidrofilidade e a energia de superfície da dentina, e (iii) o uso do plasma não afeta o escoamento dos cimentos endodônticos na dentina.

MATERIAL E MÉTODO

Preparo das Amostras

O presente estudo foi aprovado pela comissão de ética com uso de animais, protocolo Odonto015/2013. Foram utilizados 60 incisivos bovinos. Com auxílio de um disco diamantado dupla

face (KG Sorensen, Barueri, São Paulo, Brasil) as coroas foram removidas e as raízes clivadas longitudinalmente, no sentido mesiodistal, e o terço cervical separado dos demais. Com o auxílio de discos de lixa (211Q e P220, 3M Brasil, Sumaré, São Paulo, Brasil), as amostras foram planificadas, totalizando 120 segmentos referentes ao terço cervical.

As amostras foram divididas em dois grupos:

- Controle: as amostras foram imersas em NaOCl 6% (Mil Fórmulas, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) por 30 minutos, simulando o tempo de contato com o irrigante durante o preparo químico-mecânico. Em seguida, foram irrigadas com 10 mL de água destilada e secas com papel absorvente. Posteriormente, foram imersas em EDTA 17% (Biodinâmica, Ibiporã, Paraná, Brasil) por 3 minutos, simulando a etapa de remoção de smear layer, sendo, então, novamente lavadas e secas, como descrito anteriormente.
- Grupo plasma: após o tratamento descrito no grupo controle, foi realizada a aplicação de plasma de oxigênio por 30 segundos.

Para o tratamento de plasma atmosférico, foi utilizado um reator de vidro, que consiste em um tubo cilíndrico de 5 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento. Com o auxílio de uma bomba mecânica, foi gerado vácuo a pressão inferior a 2 Pa. O reator foi preenchido então por gás até atingir uma pressão de 10 Pa. O plasma foi gerado no interior do tubo cilíndrico sob vácuo pela ação de um campo magnético induzido, a partir da passagem de corrente através de uma bobina elétrica em torno do cilindro. As superfícies dentinárias foram tratadas com gás oxigênio (White Martins, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil) a 60 W, durante 30 segundos.

Análise Topográfica

As amostras foram avaliadas em relação à topografia por microscopia eletrônica de varredura, empregando-se o microscópio JSM 6460 LV (JEOL, Tóquio, Japão). Para cada grupo, foram utilizadas dez amostras e três microfotografias foram obtidas com ampliação de 1.000×, totalizando 30 microfotografias por grupo. As imagens foram avaliadas qualitativamente em relação a presença ou ausência de alterações topográficas.

Análise de Ângulo de Contato

Energia de superfície e hidrofilidade

O goniômetro Ramé-Hart (Ramé-Hart Instrument Company, Netcong, Nova Jersey, EUA) foi utilizado para medir o ângulo de contato entre as superfícies dentinárias e as seguintes soluções: água (polar), etilenoglicol (polar) e di-iodometano (apolar). Para cada grupo, foram avaliadas 30 amostras, dez em contato com cada solução. Em cada gota, quarenta medições foram feitas, com um segundo de intervalo entre cada medição^{11,18}.

Com base nos dados obtidos para as três soluções acima, o software Ramé-Hart foi capaz de calcular a energia livre de superfície e as componentes polar e dispersiva dos diferentes grupos.

Além disso, para avaliar a hidrofilicidade das superfícies, o escoamento da água (EA) foi avaliado durante 40 segundos, utilizando-se a Fórmula 1¹⁸:

$$EA (\%) = \frac{(\text{ângulo inicial} - \text{ângulo final})}{\text{ângulo inicial}} \times 100 \quad (1)$$

Escoamento dos cimentos endodônticos

Foi avaliado, através das imagens das gotas, o ângulo de contato entre a superfície dentinária e a gota do cimento. Em cada gota, foram feitas 60 medições, sendo o escoamento observado por um minuto.

Foram utilizados dois cimentos endodônticos: um à base de óxido de zinco e eugenol, Pulp Canal Sealer EWT® (Kerr; Sybron Dental Specialties, Romulus, MI, EUA) e um resinoso, Real Seal SE (Kerr; Sybron Dental Specialties, Romulus, MI, EUA).

Para cada cimento endodôntico e em cada amostra, uma gota (0,1 mL) foi depositada na superfície tratada, com o auxílio de uma seringa de 1 mL e agulha hipodérmica BD ultrafine 20 × 5,5. Em cada grupo, foram avaliadas dez amostras.

Para análise do escoamento dos cimentos (EC), utilizou-se a Fórmula 2¹⁸:

$$EC (\%) = \frac{(\text{ângulo inicial} - \text{ângulo final})}{\text{ângulo inicial}} \times 100 \quad (2)$$

Os resultados foram tabulados em Excel 2011. Em seguida, foram avaliados estatisticamente utilizando-se o programa SPSS (IBM SPSS Statistics). O teste de normalidade Kolmogorov-Smirnov foi realizado com objetivo de avaliar a distribuição dos dados. Os dados obtidos revelaram uma distribuição não normal, portanto foram aplicados os testes não paramétricos *Kruskal-Wallis* e *Mann-Whitney U* ($p < 0,05$).

RESULTADO

A Figura 1 mostra fotomicrografias da superfície dentinária do grupo controle e após o tratamento com plasma de oxigênio. Pode-se observar que o tratamento com plasma levou a alterações topográficas na superfície dentinária quando comparado ao grupo controle.

Em relação à análise de energia de superfície e componentes polar e dispersiva, observa-se um aumento significativo da energia de superfície e da componente polar após a utilização da tecnologia de plasma (Tabela 1). Observa-se ainda um aumento significativo da hidrofilidade da superfície ($p < 0,05$), dado pelo aumento do escoamento da água e pela redução dos valores dos ângulos da água em contato com a superfície dentinária (Figura 2).

A Tabela 2 mostra o escoamento dos cimentos endodônticos nos grupos avaliados. Em relação ao cimento Pulp Canal Sealer EWT, observa-se uma redução significativa no escoamento deste cimento. Já em relação ao cimento Real Seal SE, o tratamento com plasma não mostrou efeito significativo.

DISCUSSÃO

De acordo com os resultados do presente estudo, a primeira hipótese nula foi rejeitada. O tratamento de plasma de oxigênio levou a modificações na superfície dentinária. O plasma de oxigênio ocasionou uma erosão (etching)¹⁶ na superfície dentinária, removendo componentes não voláteis da dentina. Estes componentes foram redepositados na superfície, criando uma camada semelhante a smear layer, recobrando os túbulos dentinários.

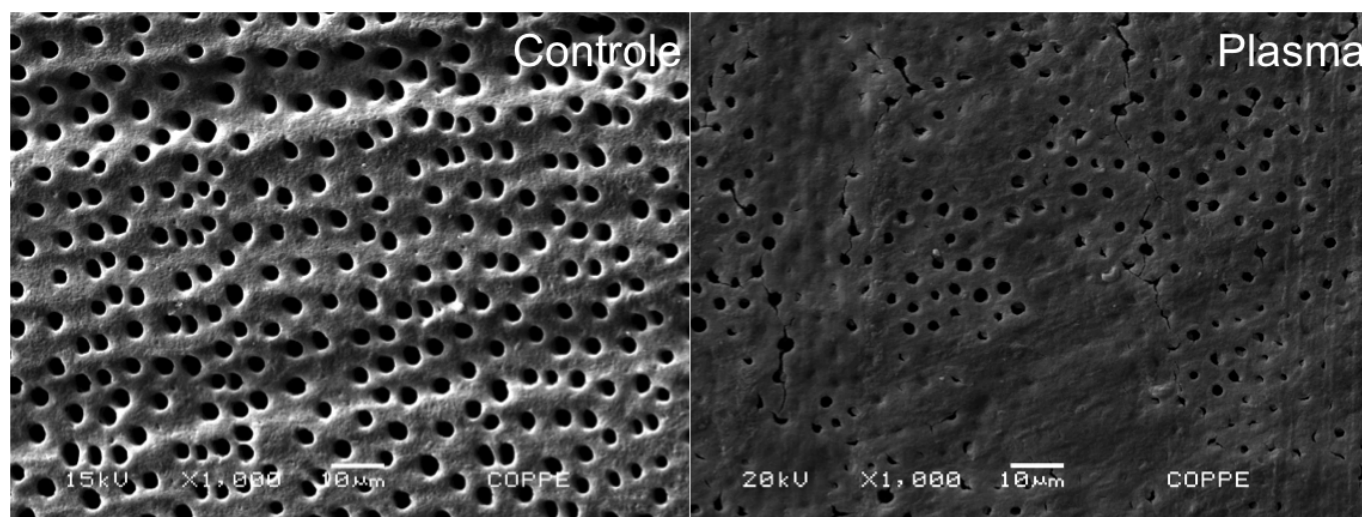


Figura 1. Fotomicrografia ilustrando grupo controle e tratamento com plasma de oxigênio.

Tabela 1. Componentes polar, dispersiva e energia de superfície dos grupos avaliados

	Componente polar mJ/m ²	Componente dispersiva mJ/m ²	Energia de superfície mJ/m ²
Controle	24,01 ± 3,8 ^b	32,65 ± 2,9 ^a	56,66 ± 3,4 ^b
Plasma de oxigênio	31,01 ± 2,0 ^a	35,74 ± 2,4 ^a	66,80 ± 1,2 ^a

Análise estatística na coluna. Letras diferentes ^{a,b} indicam valores estatisticamente significativos (*Mann-Whitney* $p < 0,05$).

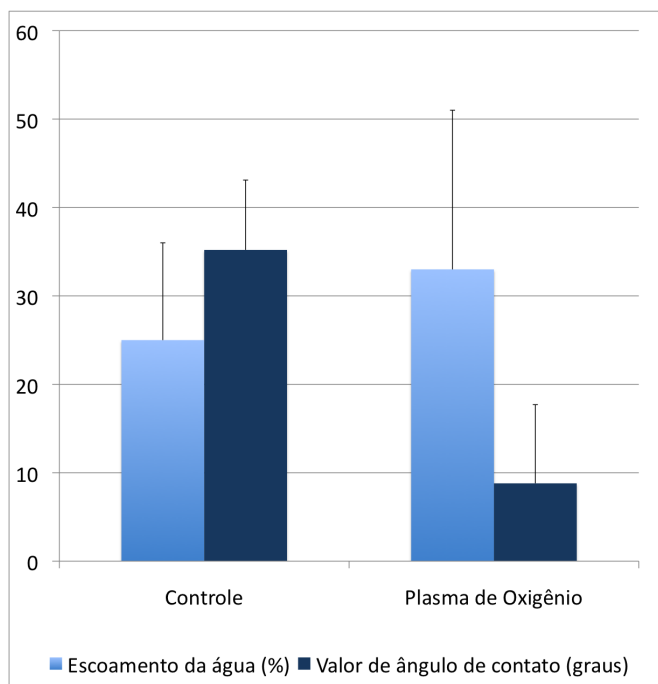


Figura 2. Gráfico mostrando as características de hidrofilidade, escoamento e valor de ângulo de contato da água na superfície dentinária.

Tabela 2. Escoamento (%) dos cimentos endodônticos na superfície dentinária

	Controle	Plasma de Oxigênio
Pulp Canal Sealer EWT	35,69 ± 8,0 ^a	15,01 ± 5,0 ^b
Real Seal SE	5,50 ± 4,9 ^a	9,37 ± 5,1 ^a

Análise estatística na linha. Letras diferentes ^{a, b} indicam valores estatisticamente significativos (*Mann-Whitney* $p < 0,05$).

Em relação à segunda hipótese nula, esta foi parcialmente rejeitada, uma vez que o tratamento de plasma gerou um aumento na energia de superfície, na componente polar, na hidrofilidade, mas não modificou a componente dispersiva. O tratamento de plasma pode ter criado grupamentos funcionais nesta superfície^{13,18} que levaram a um aumento da energia de superfície e favoreceram a componente polar. Sendo a água um componente polar, a modificação desta superfície propiciou um aumento no escoamento da água e uma redução nos valores de ângulo de contato, caracterizando uma maior hidrofilidade da superfície.

No presente estudo, foram avaliados dois cimentos endodônticos: um à base de óxido de zinco e eugenol, Pulp Canal Sealer, e um resinoso à base de metacrilato, Real Seal SE. O primeiro foi escolhido por ser o cimento “padrão ouro” entre os cimentos à base de óxido de zinco e eugenol devido às suas propriedades físico-químicas^{19,20}. O segundo foi escolhido por ser um cimento resinoso, à base de metacrilato, e pelo fato de o oxigênio livre liberado pelo hipoclorito afetar negativamente a adesão deste material⁴.

A viscosidade tem uma relação inversamente proporcional ao escoamento, isto é, quanto maior a viscosidade, menor é o escoamento de um líquido em uma superfície. Uma técnica comumente utilizada para análise de escoamento é a análise de

ângulo de contato, utilizando-se um goniômetro²¹. Em relação aos cimentos avaliados, o Pulp Canal Sealer EWT apresenta baixa viscosidade, ao passo que o Real Seal SE, uma alta viscosidade.

Neste sentido, a terceira hipótese nula foi parcialmente rejeitada, uma vez que o uso do plasma afetou o escoamento de um dos cimentos endodônticos avaliados. O tratamento de plasma dificultou o escoamento do cimento Pulp Canal Sealer EWT e não influenciou no escoamento do cimento Real Seal SE. Uma justificativa para este resultado está na alteração causada na topografia dentinária. O Pulp Canal Sealer EWT, que é um cimento com alto padrão de escoamento, teve grande dificuldade de se espalhar na superfície dentinária, visto que a smear layer formada dificultou este escoamento por criar uma superfície de menor rugosidade quando comparada àquela com os túbulos dentinários patentes. De acordo com a lei de Wenzel, quanto maior a rugosidade, maior a capacidade de escoamento de um líquido sobre um sólido^{22,23}.

Já para o cimento Real Seal SE, por se tratar de um cimento de alta viscosidade e baixo escoamento, a alteração da topografia teve um efeito menos significativo. Além disso, o tratamento de plasma pode ter gerado grupos funcionais nessa superfície^{13,18}, diminuindo a quantidade de oxigênio livre nessa superfície.

Embora seja uma tecnologia, no presente momento, de alto custo para uso em consultório, o plasma vem mostrando resultados promissores em relação a atividade antimicrobiana e adesão^{6,8-13}. O presente estudo avaliou o efeito do plasma de oxigênio na superfície dentinária, uma vez que este tratamento poderia levar a um aumento na rugosidade desta superfície e a criação de grupamentos funcionais^{13,16-18}, que poderiam neutralizar o efeito deletério do oxigênio nascente gerado pelo hipoclorito de sódio. No entanto, durante a aplicação do plasma, houve redeposição dos componentes removidos sobre os túbulos dentinários. Essa redeposição criou superfície semelhante a uma smear layer, que ocluiu os túbulos dentinários. Observou-se que esta camada gerada influenciou no escoamento dos cimentos endodônticos avaliados. Além disso, essa camada pode ter influência não apenas no escoamento, como também no selamento da obturação^{24,25}. Desta forma, o plasma de oxigênio não é indicado para ser utilizado na superfície dentinária, devido à formação de uma camada semelhante a smear layer. Novos estudos, utilizando outros gases, devem ser realizados a fim de comprovar os efeitos benéficos desta tecnologia em dentes submetidos a hipoclorito de sódio.

CONCLUSÃO

O plasma de oxigênio gerou modificações na topografia da dentina, criando uma superfície semelhante a smear layer. Este tratamento levou a um aumento da energia de superfície e da hidrofilidade da superfície dentinária. Entretanto, pelas modificações topográficas, este tratamento dificultou significativamente o escoamento do cimento Pulp Canal Sealer e não mostrou efeito no escoamento do cimento Real Seal SE.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Faperj, à Capes (PNPD) e ao CNPq pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Zehnder M. Root canal irrigants. *J Endod.* 2006 May;32(5):389-98. PMID:16631834. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2005.09.014>.
2. Slutzky-Goldberg I, Maree M, Liberman R, Heling I. Effect of sodium hypochlorite on dentin microhardness. *J Endod.* 2004 Dec;30(12):880-2. PMID:15564869. <http://dx.doi.org/10.1097/01.DON.0000128748.05148.1E>.
3. Moreira DM, Almeida JF, Ferraz CC, Gomes BP, Line SR, Zaia AA. Structural analysis of bovine root dentin after use of different endodontics auxiliary chemical substances. *J Endod.* 2009 Jul;35(7):1023-7. PMID:19567327. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.04.002>.
4. Prado M, Simão RA, Gomes BP. Effect of different irrigation protocols on resin sealer bond strength to dentin. *J Endod.* 2013 May;39(5):689-92. PMID:23611392. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.12.009>.
5. Chen M, Zhang Y, Sky Driver M, Caruso AN, Yu Q, Wang Y. Surface modification of several dental substrates by non-thermal, atmospheric plasma brush. *Dent Mater.* 2013 Aug;29(8):871-80. PMID:23755823. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dental.2013.05.002>.
6. Ritts AC, Li H, Yu Q, Xu C, Yao X, Hong L, et al. Dentin surface treatment using a non-thermal argon plasma brush for interfacial bonding improvement in composite restoration. *Eur J Oral Sci.* 2010 Oct;118(5):510-6. PMID:20831586. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0722.2010.00761.x>.
7. Porciúncula M, Menezes MSO, Gusman H, Simão RA, Prado M. Tecnologia de plasma na odontologia: revisão de literatura. *Rev Bras Odontol.* 2015 Jan-Jun;72(1/2):100-3. <http://dx.doi.org/10.18363/rbo.v72i1/2.598>.
8. Blumhagen A, Singh P, Mustapha A, Chen M, Wang Y, Yu Q. Plasma deactivation of oral bacteria seeded on hydroxyapatite disks as tooth enamel analogue. *Am J Dent.* 2014 Apr;27(2):84-90. PMID:25000666.
9. Whittaker AG, Graham EM, Baxter RL, Jones AC, Richardson PR, Meek G, et al. Plasma cleaning of dental instruments. *J Hosp Infect.* 2004 Jan;56(1):37-41. PMID:14706269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhin.2003.09.019>.
10. Pan J, Sun K, Liang Y, Sun P, Yang X, Wang J, et al. Cold plasma therapy of a tooth root canal infected with *Enterococcus faecalis* biofilms in vitro. *J Endod.* 2013 Jan;39(1):105-10. PMID:23228267. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2012.08.017>.
11. Costa Dantas MC, Figueiredo IS, Pacheco LV, Prado M, Simão RA. Efeito da terapia de plasma de argônio em dentes expostos a hipoclorito de sódio: análise da hidrofiliabilidade. *RFO UPF.* 2015 Abr;20(1):32-8.
12. Costa Dantas MC, Prado M, Costa VS, Gaiotte MG, Simão RA, Bastian FL. Comparison between the effect of plasma and chemical treatments on fiber post surface. *J Endod.* 2012 Feb;38(2):215-8. PMID:22244639. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.10.020>.
13. Spyrides SM, Prado M, Simão RA, Bastian FL. Effect of plasma and fiber position on flexural properties of a polyethylene fiber-reinforced composite. *Braz Dent J.* 2015 Oct;26(5):490-6. PMID:26647934. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-644020130225>.
14. Lee HW, Kim GJ, Kim JM, Park JK, Lee JK, Kim GC. Tooth bleaching with nonthermal atmospheric pressure plasma. *J Endod.* 2009 Apr;35(4):587-91. PMID:19345811. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2009.01.008>.
15. Yu H-Y, He X-C, Liu L-Q, Gu J-S, Wei X-W. Surface modification of poly(propylene) microporous membrane to improve its antifouling characteristics in an SBR: O₂ plasma treatment. *Plasma Process Polym.* 2008 Jan;5(1):84-91. <http://dx.doi.org/10.1002/ppap.200700051>.
16. Lee H-U, Kang Y-H, Jeong S-Y, Koh K, Kim J-P, Bae J-S, et al. Long-term aging characteristics of atmospheric-plasma-treated poly(ϵ -caprolactone) films and fibres. *Polym Degrad Stabil.* 2011 Jul;96(7):1204-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.polydegradstab.2011.04.012>.
17. Lee JH, Rhee KY, Lee JH. Effects of reactive gas on shear and fracture behaviors of plasma-treated polyethylene/steel joints. *Appl Surf Sci.* 2009 Nov;256(3):876-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2009.08.076>.
18. Prado M, Roizenblit RN, Pacheco LV, Barbosa CAM, Lima CO, Simão RA. Effect of argon plasma on root dentin after use of 6% NaOCl. *Braz Dent J.* 2016;27(1):41-5. PMID:27007344. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6440201600486>.
19. Halimi P, Camps J, Roche M, Proust JP. Physico-chemical properties of 4 endodontic sealing cements. *Rev Fr Endod.* 1990 Dec;9(4):35-42. PMID:2077577.
20. Ferreira R, Prado M, Soares AJ, Zaia AA, Souza-Filho FJ. Influence of using clinical microscope as auxiliary to perform mechanical cleaning of post space: a bond strength analysis. *J Endod.* 2015 Aug;41(8):1311-6. PMID:26215031. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2015.05.003>.
21. Prado M, Simão RA. Surface Analysis techniques for root canal filling adhesion studies. In: McFarland A, Akins M. *Recent advances in adhesions research.* New York: Nova Science Publisher; 2013.
22. Dogan Buzoglu H, Calt S, Gümüşderelioglu M. Evaluation of the surface free energy on root canal dentine walls treated with chelating agents and NaOCl. *Int Endod J.* 2007 Jan;40(1):18-24. PMID:17209828. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2591.2006.01169.x>.
23. Assis DF, Prado M, Simão RA. Evaluation of the interaction between endodontic sealers and dentin treated with different irrigant solutions. *J Endod.* 2011 Nov;37(11):1550-2. PMID:22000461. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joen.2011.08.014>.
24. Vivacqua-Gomes N, Ferraz CC, Gomes BP, Zaia AA, Teixeira FB, Souza-Filho FJ. Influence of irrigants on the coronal microleakage of laterally condensed gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2002 Sep;35(9):791-5. PMID:12449031. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-2591.2002.00569.x>.
25. Prado M, Simão RA, Gomes BP. Evaluation of different irrigation protocols concerning the formation of chemical smear layer. *Microsc Res Tech.* 2013 Feb;76(2):196-200. <http://dx.doi.org/10.1002/jemt.22153>.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

*AUTOR PARA CORRESPONDÊNCIA

Máira do Prado, Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Centro de Tecnologia, Bloco F, sala F-201, Ilha do Fundão, 21941-972 Rio de Janeiro - RJ, Brasil, e-mail: maira@metalmat.ufrj.br

Recebido: Abril 1, 2016
Aprovado: Agosto 11, 2016