

UNIVERSIDADE DE UBERABA
MESTRADO ACADÊMICO EM ODONTOLOGIA
ANNA FLÁVIA FERREIRA E CUNHA

**ANÁLISE DA DENSIDADE ÓPTICA DO GRAMPO DE POLÍMERO PARA
ISOLAMENTO ABSOLUTO PROTOTIPADO A PARTIR DE IMPRESSÃO 3D**

UBERABA – MG
2019

ANNA FLÁVIA FERREIRA E CUNHA

**ANÁLISE DA DENSIDADE ÓPTICA DO GRAMPO DE POLÍMERO PARA
ISOLAMENTO ABSOLUTO PROTOTIPADO A PARTIR DE IMPRESSÃO 3D**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Odontologia – Mestrado Acadêmico da Universidade de Uberaba, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Odontologia, na área de concentração em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador(a): Profa. Dra. Maria Angélica Hueb de Menezes Oliveira

UBERABA – MG

2019

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

- | | |
|-------|---|
| C914a | <p>Cunha, Anna Flávia Ferreira e.
Análise da densidade óptica do grampo de polímero para isolamento absoluto prototipado a partir de impressão 3D / Anna Flávia Ferreira e Cunha. – Uberaba, 2019.
27 f. : il. color.</p> <p>Dissertação (mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Odontologia. Área Clínica Odontológica Integrada.
Orientadora: Profa. Dra. Maria Angélica Hueb de Menezes Oliveira.</p> <p>1. Odontologia operatória. 2. Materiais dentários. 3. Odontologia – Impressão em relevo. I. Oliveira, Maria Angélica Hueb de Menezes. II. Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Odontologia. Área Clínica Odontológica Integrada. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDD 617.605</p> |
|-------|---|

ANNA FLÁVIA FERREIRA E CUNHA

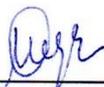
“ANÁLISE DE DENSIDADE ÓPTICA DO GRAMPO DE POLÍMERO PARA ISOLAMENTO ABSOLUTO PROTOTIPADO A PARTIR DE IMPRESSÃO 3D”

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Odontologia do Programa de Pós-Graduação em Odontologia - Mestrado da Universidade de Uberaba.

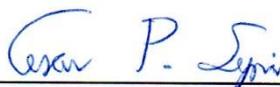
Área de concentração: Clínica Odontológica Integrada

Aprovado (a) em: 30/10/2019

BANCA EXAMINADORA:



Prof^ª. Dr^ª. Maria Angélica Hueb de M. Oliveira
Orientadora
Universidade de Uberaba



Prof. Dr. Cesar Penazzo Lepri
Universidade de Uberaba



Prof^ª. Dr^ª. Janisse Martinelli de Oliveira Misiara
Universidade Federal do Triângulo Mineiro

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus por guiar e direcionar os meus caminhos, iluminando e me protegendo.

Especialmente aos meus pais, Teodorico Ferreira de Almeida e Maria Leonice Ferreira da Cunha, dedico esse trabalho em agradecimento pelo incansável apoio, suporte, dedicação, valores e ensinamentos, que me fazem crescer como pessoa e que me permitiram chegar até aqui. Serei eternamente grata a vocês!

Aos meus irmãos, Guilherme e Carlos Eduardo, companheiros para a vida toda, que mesmo não entendendo nada de Odontologia, sempre está me apoiando e me fazendo rir!

Ao meu noivo Augusto, pelo apoio e sempre me incentivando a seguir em frente e a não desistir nunca dos meus sonhos.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Professora Dr^a. Maria Angélica Hueb de Menezes Oliveira, por ter acreditado em mim desde a graduação. Agradeço todo seu apoio, orientação, aprendizado, atenção, carinho e incentivo, fundamentais para ter concluído esse trabalho.

Espero poder continuar com você nesse caminho da Odontologia!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por me proporcionar as alegrias da vida, iluminar meu caminho e dar forças para realizar os meus trabalhos.

Aos meus pais Teodorico Ferreira de Almeida e Maria Leonice Ferreira da Cunha que sempre acreditaram, incentivaram e auxiliaram as minhas decisões pessoais e profissionais.

Aos meus irmãos Carlos Eduardo Ferreira e Cunha e Guilherme Henrique Ferreira e Cunha pela amizade, carinho e companheirismo.

Ao meu noivo Augusto Brahian Dias Miranda que sempre esteve ao meu lado com paciência, amor e apoio incondicional.

À Universidade de Uberaba, que vem me acolhendo durante esses oito anos de vida acadêmica, tornando-se minha segunda casa.

Aos professores do mestrado, pelas trocas de experiências e principalmente, por seus ensinamentos.

Agradeço também ao Reitor Dr. Marcelo Palmério pela ideia do desenvolvimento do grampo de polímero.

Ao professor Fernando Hueb de Menezes pelo auxílio no desenvolvimento e testes do grampo.

À Flávia, secretária do Curso de Pós-Graduação da Universidade de Uberaba, pela competência e dedicação.

Ao Richard Honorato, pela confecção em 3D.

Às minhas amigas da pós graduação: Nayara e Lilian, pela companhia na sala de aula, pela ajuda, apoio e desabafos que trocamos.

À minha amiga Paula, que desde o começo da realização desse trabalho esteve por perto me ajudando, aconselhando e incentivando para que ele saísse da melhor maneira possível.

Às fiéis amigas Josi, Laysa e Mi, pois sei que posso contar para o que der e vier.

Por fim, mas não menos importante, agradeço a todos aqueles que não foram aqui citados, mas que sabem que de alguma forma fazem parte da minha vida.

RESUMO

Embora na cavidade bucal sempre haja saliva, é essencial trabalhar em um campo asséptico, sem contaminação, pois alguns materiais utilizados na Odontologia são hidrofóbicos, ou seja, não se comportam positivamente na presença de umidade. Por esse motivo, materiais poliméricos (odontologia adesiva) e endodontia devem ser realizados em campo seco e descontaminado. Com esse intuito utiliza-se um isolamento absoluto do campo operatório por meio de um dique de borracha, estabilizados aos dentes por grampos de fixação. Esses grampos, amplamente utilizados na odontologia são confeccionados, até o momento, em metal. Por serem metálicos apresentam algumas desvantagens como alto custo, oxidação, e radiopacidade, propriedade esta que interfere nas imagens radiográficas em situações em que a radiografia deve ser realizada com o isolamento absoluto, nos casos de Endodontia, por exemplo. Este estudo tem como objetivo avaliar e comparar *in vitro* as densidades ópticas (DO) dos grampos convencionais de metal e dos grampos de polímero. Foi desenvolvido na Universidade de Uberaba um grampo confeccionado em polímero que apresenta como vantagens o baixo custo, serem descartáveis ou autoclaváveis, não enferrujam ou oxidam, são radiolúcidos, não interferindo nas imagens radiográficas. Os grampos de polímero foram desenvolvidos em duas etapas: primeiramente um protótipo foi gerado em uma impressora 3D Anycubic Photon, após determinados esses parâmetros, um molde de gaveta, industrial foi produzido para produção em larga escala. Foram utilizados cinco grampos metálicos número 26 e cinco grampos de polietileno tereftalato (PET) desenvolvido na Universidade de Uberaba. Todos os grampos, junto com uma escala de alumínio foram colocados na mesma placa de fósforo para a realização de 3 radiografias de cada. Após o processamento das imagens, a leitura dos valores de densidade óptica (DO) foi realizada com o software DBWin 5.0.4 . A média das 3 leituras realizadas em cada grampo foi adotada como a radiodensidade do espécime (n=5). Os resultados demonstraram que o grampo convencional de metal é mais radiopaco quando comparado com o grampo de polímero que é mais radiolúcido ($p < 0,05$). Pode-se concluir que é possível produzir grampos poliméricos para isolamento absoluto por meio de impressão 3D, para confecção do protótipo, e o grampo polimérico desenvolvido apresenta maior radiolucidez quando comparado ao grampo convencional metálico.

Palavra chave: Isolamento absoluto, grampo, densidade óptica, impressão 3D.

ABSTRACT

Although the oral cavity always exists saliva, it is essential to work in an aseptic field without contamination, because some materials used in dentistry are hydrophobic, ie, do not behave positively in the presence of factors. For this reason, polymeric materials (adhesive dentistry) and endodontics should be performed in the dry and decontaminated field. For this purpose, an absolute isolation of the operative field by means of a rubber dam, stabilized to the teeth by clamps, is used. These clamps, widely used in dentistry are, until now, made of metal. Because they are metallic presenting some advantages such as high cost, oxidation and radiopacity, property that interferes with radiographic images in situations where radiography must be performed with absolute isolation, in cases of endodontics, for example. This study aims to evaluate and compare in vitro as optical densities (OD) of metal staples and polymer staples. A polymer-made staple was developed at the University of Uberaba that has the advantages or low cost, are disposable or autoclavable, do not rust or oxidize, are radiolucent, do not interfere with radiographic images, and allow better adhesion and maintenance to the dental element. , because they are not totally rigid. The polymer clamps were executed in two steps: the use of a prototype was used on a Photon Anycubic 3D printer, after these tests, an industrial drawer mold produced for large scale production. Five number 26 metal clips and five polyethylene terephthalate (PET) clips developed at the University of Uberaba were used. All staples, along with an aluminum scale were used on the same phosphor plate to perform 3 x-rays of each. After image processing, optical density (OD) values were read using DBWin 5.0.4 software. The average of the 3 readings performed in each clamp was adopted as specimen radiodensity ($n = 5$). The results demonstrated that the conventional metal clamp is more radiopaque when compared to the more radiolucent polymer clamp ($p < 0.05$). It can be concluded that it is possible to produce polymeric staples for absolute isolation by 3D printing, for prototype protection and the developed polymeric staple presents higher radiolucency when used with the conventional metallic staple.

Keyword: absolute isolation, clamp, optical density, 3D printing.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVO	13
3 MATERIAIS E MÉTODOS	14
4 RESULTADOS	20
5 DISCUSSÃO	21
6 CONCLUSÃO	23
REFERÊNCIAS	24

1 INTRODUÇÃO

A importância do uso do isolamento absoluto é reconhecido por vários cirurgiões dentistas. Este método é empregado na odontologia e apresenta vários benefícios tanto para o dentista quanto para o paciente, dentre eles, evita a deglutição de materiais odontológicos, e protege lábios, língua e bochechas. Além disso, o isolamento absoluto tem influência nas restaurações de resina composta, pois a saliva pode afetar a qualidade da adesão entre o substrato e o material restaurador, levando à microinfiltração e tendo como resultado a perda ou descoloração da restauração lesões de cáries recorrentes e sensibilidade pós-operatória (DOS SANTOS e BOER, 2018). Ao usar técnicas adesivas, o isolamento adequado do campo de trabalho é portanto, uma etapa fundamental para o sucesso e longevidade das restaurações (KHATHOON e RAJ, 2015).

A contaminação do elemento dental por saliva ou umidade bucal, diminui a formação de tags, em número e tamanho, afetando a retenção do material resinoso pela superfície dental condicionada (GARBIN et al., 2008).

O isolamento absoluto é considerado ideal para procedimentos clínicos, pois tem como benefício um campo seco, melhor visibilidade e acesso do operador, maior segurança do paciente, controle de infecção. A maioria das escolas de odontologia evidenciam que o uso de isolamento absoluto é obrigatório para procedimentos como terapia endodôntica e odontologia adesiva (KHATHOON e RAJ, 2015).

O isolamento absoluto é recomendado para todas as restaurações por ter os seguintes benefícios: aumento da longevidade das restaurações; controle da umidade; diminuição da contaminação microbiana; redução do tempo de atendimento; melhor acesso e visibilidade do campo de trabalho devido a eliminação da saliva, fluido sanguíneo, retração do tecido gengival; e proteção contra a aspiração de instrumentos (AHMAD, 2009; AL-SEBAEI, 2015; AL-AMAD et al., 2017).

Na tentativa de sanar estes problemas e viabilizar o tratamento odontológico em dentes com coroas totalmente destruídas, ROAHEN e LENTO (1992) propuseram a utilização da controversa e também contra indicada técnica de isolamento absoluto por meio do éster de cianoacrilato, ou “Super Bonder”, a ser aplicado na boca do paciente com objetivo de unir ou colar o lençol de borracha à interface dente-gengiva e impedir a infiltração de saliva no campo operatório.

Segundo as recomendações do próprio fabricante, Henkel Ltda, a cola “Super Bonder” é expressamente proibida e contra-indicada para uso no corpo humano. Sua indicação se restringe apenas para uso em porcelana, metal, borracha, couro, madeira, papel e plástico. Além disso, existe o risco sempre iminente de ocorrer a ingestão do produto ou o contato com os olhos e outras partes da face e corpo do paciente, podendo ser gerados danos ainda mais graves.

A radiopacidade é uma importante propriedade dos materiais e pode ser simplesmente definido como o inverso de densidade óptica de uma imagem radiográfica. Densidade óptica pode ser representada como grau de enegrecimento da radiografia concluída. Quanto maior o grau de escurecimento, maior a densidade e menor a quantidade de luz que atravessará a radiografia quando colocada na frente de um negatosópio ou de um foco de luz (SOUZA et al., 2010).

A densidade óptica é uma medida logarítmica da razão de transmissão de luz incidente através da imagem da película e não depende apenas das propriedades de absorção de raios X inerentes dos substratos, mas também da metodologia utilizada para avaliação, do tipo de filme de raios X, dos parâmetros de exposição e do processamento radiográfico (WATTS e McCABE, 1999).

O polietileno tereftalato (PET) é um polímero termoplástico e semi-cristalino, amplamente produzido em todo o mundo, com importante significado devido sua aplicação em diversas áreas, como têxteis, embalagem, construção, indústria automobilística e biomédica (GASHTI et. al., 2014 e GASHTI et al., 2015). Devido às suas características, apresenta como vantagens as características mecânicas, térmicas, econômicas e propriedades biológicas (VELEIRINHO et. al., 2008 e VELEIRINHO et. al., 2013).

Outras vantagens em relação ao PET com os outros termoplásticos são: regeneração tecidual, excelente estabilidade térmica, fácil de processar, baixo custo de produção, alta resistência química, alta estabilidade hidrolítica devido à presença de anéis aromáticos, propriedades mecânicas a altas temperaturas, propriedades de barreira a gás, leveza, aparência nobre, brilho e transparência (ROSU, BHATTACHARYA 1999 e GASHTI et. al., 2014).

O PET é estável quando aquecido a temperaturas abaixo de 230 °C, durante 50 minutos, o que indica que embalagens de PET são adequadas para aquecimento de alimentos em fornos convencionais e de microondas (220 °C). A estabilidade apresentada pelo PET em relação à composição de oligômeros, quando aquecido sugere que o polímero pós-consumo é adequado para processos de reciclagem secundária, desde que as condições de reprocessamento sejam

devidamente controladas, no sentido de evitar um aumento de degradação termomecânica do polímero (FREIRE et al., 1998).

Utiliza-se o termo impressão 3D para descrever a fabricação de um objeto físico a partir de um modelo digital 3D. O objeto é construído aplicando-se camada por camada até completar a quantidade necessária para formação do objeto. Esse processo é descrito mais corretamente como manufatura aditiva e também é conhecido como prototipagem rápida (DAWOOD et al., 2015). A indústria médica tem usado a impressão 3D como forma de melhorar a personalização das próteses de partes do corpo do paciente, confeccionar modelos para planejamento cirúrgico. Além disso, a prototipagem rápida vem sendo utilizada em diversos campos da odontologia, entre eles planejamento cirúrgico, prótese maxilofacial, confecção de próteses dentárias fixas e removíveis, ortodontia e implantodontia. A impressão 3D fornece objetos precisos, leves, denso e resistente ao desgaste.(BUKHARI et al., 2018).

Com o aumento de projetos auxiliados por computador a instalação de impressoras e scanners 3D, avançou acentuadamente nos últimos anos (MAHMOUD; BENNETT, 2015). Entretanto, a aplicação dessas tecnologias na educação odontológica está no início (BOONSIRIPHANT et al., 2018).

A maioria das universidades, instituições de pesquisa sem fins lucrativos e empresas, criaram departamentos de propriedade intelectual para avaliar e proteger novas tecnologias. Na organização de pesquisas acadêmica e sem fins lucrativos, esses departamentos também licenciam tecnologias para empresas e são comumente chamados de TTOs (escritórios de transferência de tecnologia). Os principais tipos de proteção de propriedade intelectual estão na forma de patente, direito autoral, marca comercial ou segredo comercial. O objetivo do sistema de patentes é promover a inovação, concedendo direitos exclusivos aos inventores. Em troca, os inventores devem fornecer uma descrição detalhada de como criar e usar a invenção que é disponibilizada ao público, isso promove a inovação e a concorrência, resultando em avanço tecnológico (VOSS et al., 2017).

O objetivo do presente projeto foi avaliar e comparar *in vitro* as densidades ópticas (DO) dos grampos convencionais de metal e dos grampos de polímero.

2 OBJETIVO

OBJETIVO GERAL:

Avaliar e comparar a densidade óptica e radiopacidade do grampo de polímero em relação ao grampo convencional de metal.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Verificar a densidade óptica do grampo convencional de metal e a radiopacidade radiográfica.
- Verificar a densidade óptica do grampo de polímero e a radiopacidade radiográfica.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de obter um acessório instrumental capaz de viabilizar o tratamento odontológico asséptico em dentes com coroas destruídas, volumosos, com má posição ou em dentes decíduos, foi desenvolvido na Universidade de Uberaba, pedido de patente PI0901719-4 o presente “Dispositivo para Isolamento Absoluto em Procedimentos Odontológicos Invasivos”, que refere-se ao desenvolvimento de um instrumental com duas abas de assentamento ao dente, que podem estar unidas ou separadas entre si com dimensões variadas, ou com uma borracha circular auxiliar de isolamento, bem como com instrumento de fixação adaptável a cada tipo de dente, anterior ou posterior, decíduos ou permanentes.

O dispositivo deve ser colocado no meio bucal com auxílio de uma pinça (porta-grampo), após a colocação do lençol de borracha. As abas de assentamento aderem-se completamente ao elemento dental, envolvendo-o por meio das abas e/ou da borracha circular auxiliar.

A vedação completa por meio desse grampo se dá pela aderência da estrutura ou revestimento flexível confeccionado no interior das garras de fixação, impedindo a infiltração de qualquer fluido gengival, saliva ou sangue, seja pela face lingual, vestibular, distal ou mesial do dente e que apresenta menor radiopacidade em relação ao grampo convencional.

Para o presente estudo foram utilizados cinco grampos metálicos número 26 (Duflex, Juiz de Fora, MG, Brasil) e cinco grampos de polietileno tereftalato (PET) desenvolvido na Universidade de Uberaba, sob pedido de patente PI0901719-4. Os grampos de polímero foram desenvolvidos em duas etapas: primeiramente um protótipo foi gerado em uma impressora 3D Anycubic Photon (figura 1), para definir a forma ideal e tamanho adequado. Após determinados esses parâmetros, um molde de gaveta, industrial foi produzido para produção em larga escala.

Para a impressão 3D é utilizado resina líquida. A impressora constrói cada uma dessas camadas usando uma luz UV, direcionado por espelhos de varredura X e Y. Logo antes de cada ciclo de impressão, uma lâmina de recobrimento se move pela superfície para garantir que cada camada fina se espalhe uniformemente pelo objeto. Então o ciclo de impressão continua desta forma, criando objetos 3D de baixo para cima.

FIGURA 1: Impressora 3D Anycubic Photon

A impressora Photon (figura 1), utiliza a tecnologia de impressão DLP (processamento de luz direta) por meio de uma luz UV cujo comprimento de onda é de 405nm, a impressora Photon suporta apenas resina fotossensível (recomendado usar resina UV 405 nm).

Tabela 1- Característica da impressora Photon

Características da Photon	
Volume máximo de impressão	115 x 65 x 155 mm
Resolução	25-100 microns
Tela de toque	2,8 polegadas
Fonte de luz	UV 25W
Tamanho da impressora	220 x 200 x 400 mm
Peso da impressora	6,5 kg

(ANYCUBIC 3D, 2019)

A resina utilizada para a impressão 3 D foi a Resina Uv 405 Nm Anycubic Photon (tabela 2) na cor verde translúcida.

Tabela 2- Especificações da resina

Resina UV 405 nm	
Comprimento de onda	405 nm
Densidade sólida	1,184 g/cm ³
Densidade do líquido	1,1
Tempo de polimerização	6-10 seg
Alongamento a ruptura	14,2%
Dureza	79 D
Viscosidade (25°C)	552mpa.s
Encolhimento	7,1%
Resistência à tração	23,4 mpa

(ANYCUBIC 3D, 2019).

Tabela 3- Especificação do Polietileno Tereftalato

Polietileno Tereftalato (PET)	
Alto grau de cristalinidade	190°C
Ponto de fusão	260°C
Densidade	1,33 a 1,45 g/cm ³
Contração	0,2 a 0,8%

(HELFRICH JR, 1994; TAKIMI, 1997; XIA et al., 2019).

Tabela 4- Especificação do Grampo 26 - metal

Grampo 26 (Metal)	
Composição	Aço inoxidável martensítico AISI 420
Esterilização em autoclave	121° a 122°C por 15 minutos
Esterilização em estufa	170°C por 60 minutos

(DUFLEX, 2019).

A confecção dos grampos de polímero foi realizada com o uso de impressora 3D Anycubic Photon de alta resolução e prototipagem com molde de gaveta.

Inicialmente foi realizado em 3D foi por meio de modelagem tridimensional (figura 2) virtual utilizando o software 3dsmax e a impressora 3D Anycubic Photon.

Após finalizado a modelagem tridimensional, foi realizada a impressão em 3D dos grampos protótipo (figura 3) com a resina Uv 405 Nm Anycubic Photon na cor verde translúcida.

Em seguida foi realizada a confecção do grampo de polietileno tereftalato (figura 4) por meio do molde de gaveta.

Figura 2: Modelagem tridimensional virtual vista frontal e lateral.

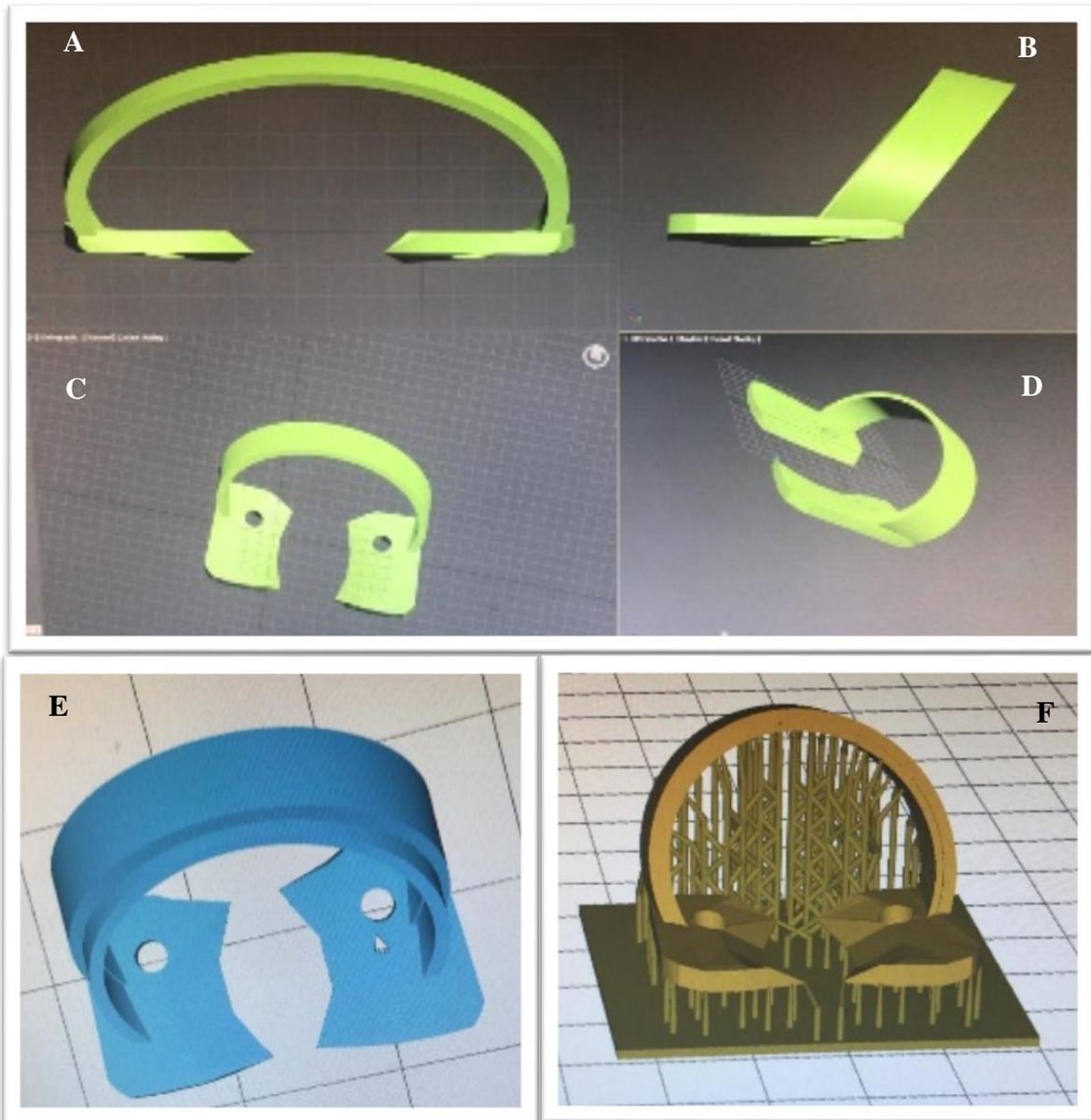


Figura 3: Grampos de resina. 3.A-grampo após sair da impressora, antes de remover a base. 3.B, C- grampos com acabamento final.



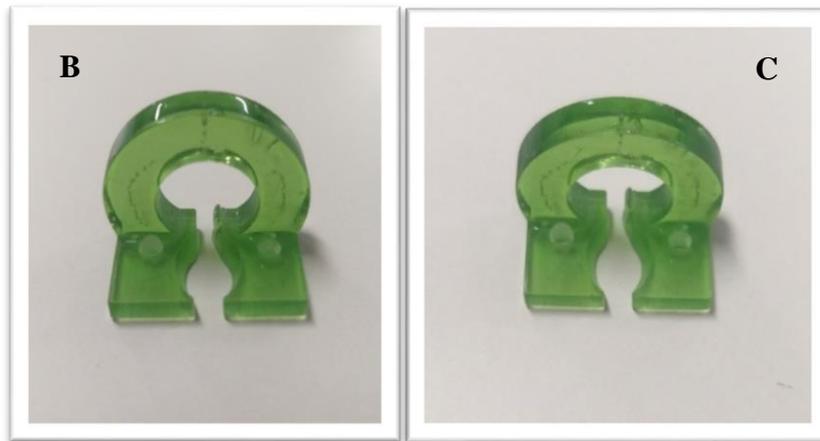


Figura 4: Grampos de polietileno tereftalato (molde de gaveta)



Análise da densidade óptica

Cada um dos cinco grampos ($n=5$) metálicos e de polietileno tereftalato foi exposto simultaneamente 3 vezes ao raios x sobre uma placa de fósforo do sistema VistaScan (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemanha) junto a uma escala de alumínio com 12 níveis entre 1 e 12 mm, considerando-se o nível zero a exposição direta sobre o sensor de fósforo (100% da radiação emitida). Como fonte de raios X, foi utilizado um aparelho Siemens Heliodent 60B, (São Paulo, SP, Brasil) com abertura central, 11 mm de diâmetro. O cilindro localizador foi ajustado perpendicularmente aos filmes radiográficos a uma distância focal de 20 cm e ajustado para 60 kVp. Após a exposição radiográfica, o sensor foi levado a unidade de leitura do sistema VistaScan Mini Easy (Dürr Dental, Bietigheim-Bissingen, Alemanha) para geração das imagens.

O processamento das imagens e a leitura dos valores de densidade óptica (DO) foi realizada com o software DBWin 5.0.4 (Air Techniques Inc. Melville, NY, EUA). A média das 3 leituras realizadas em cada grampo foi adotada como a radiodensidade do espécime (n=5).

Análise dos dados

A média da radiodensidade das cinco amostras de cada tipo de grampo, o desvio padrão e os dados obtidos foram analisados estatisticamente pelo teste t de Student ($\alpha=0,05$).

4 RESULTADOS

Análise da densidade óptica

Após confecção dos grampos foram realizados os testes radiográficos e as leituras dos valores de densidade óptica dos grampos com o software DBWin 5.0.4 (Air Techniques Inc. Melville, NY, EUA). Os resultados demonstraram que o grampo convencional de metal é mais radiopaco quando comparado com o grampo de polímero que é mais radiolúcido ($p < 0,05$) (tabela 5).

Com a leitura dos valores de densidade, obteve-se como resultado que o grampo de metal devido a sua alta densidade molecular, absorve todos os fótons, não deixando chegar até a placa de fósforo, obtendo 0,0% de radiação, não causando uma sobreposição da imagem do grampo, formando uma imagem radiopaca. Já o grampo de polímero, por apresentar baixa densidade molecular, os fótons conseguem atravessar o grampo de polímero, chegando na placa de fósforo 77,4% da radiação, causando uma sobreposição e formando uma imagem radiolúcida (tabela 5).

A figura 5 ilustra a radiografia dos grampos convencional de metal e grampos de polímero, junto com a escala de alumínio.

Figura 5: Radiografias dos grampos de polietileno tereftalato, grampos de metal (26) e escala de alumínio.



Tabela 5 - Média, desvio padrão em pixels da radiodensidade e porcentagem de radiação que atravessou o grampo e atingiu a placa de fósforo.

	G. Metal		G. Polímero	
	Média (DP)	% radiação	Média (DP)	% radiação
Arco	1844,0 (100,2) A	17,9	9717,5 (425,1) B	94,4
Asa	1967,8 (50,9) A	19,1	9575,7 (302,1) B	93,1
Sobreposição	0,0	0,0	7966,7	77,4

Letras maiúsculas diferentes para a mesma linha indicam significância estatística ao teste t de Student ($p < 0,05$).

5 DISCUSSÃO

O conceito de isolar dentes submetidos a tratamento endodôntico foi introduzido há muito tempo, e tem como vantagem a prevenção de contaminação salivar, fornecendo uma séptica do campo para o procedimento dental. Por isso, mais de 70% dos consultórios odontológicos praticantes recomendam seu uso durante o tratamento endodôntico. No entanto, ainda não é usado em vários países, devido à rejeição dos pacientes, falta ou treinamento insuficiente, alto custo dos materiais, principalmente do grampo de metal. Esses são os principais fatores limitantes do uso do isolamento absoluto (RAHMATULLAH et al., 2017). Porém, o grampo de polímero, por apresentar baixo custo quando comercializado, torna-se vantajoso, pois o profissional pode até mesmo usá-lo de forma descartável.

Existem efeitos negativos reais e percebidos no uso de isolamento absoluto, tais como a fratura do grampo de metal (SUTTON, 1996), e os danos à mucosa ao colocar ou remover o dique de borracha, o que podem impedir o amplo uso de dique de borracha (WANG et al, 2016). Em relação aos danos da mucosa, principalmente em odontopediatria a pressão causada pelo grampo de metal pode aumentar o desconforto da criança, dificultando o seu uso. Já o grampo de polímero, por ser um pouco mais flexível e fazer uma pressão menor torna-se mais confortável e pode minimizar a pressão exercida nos dentes decíduos, auxiliando na aceitação da criança pelo uso do isolamento.

O presente estudo propôs a confecção de um grampo de polímero por impressão 3D para confecção de um protótipo. A vantagem da impressora 3D é que é uma prototipagem de menor custo, até que se chegue ao molde ideal. A partir do momento em que o modelo está pronto para ser produzido em larga escala o ideal é que se faça o molde de gaveta que apesar de ter um custo maior diminui o custo final da produção em série e em larga escala. Isso foi feito com o grampo de polímero do estudo em questão, e caso o grampo de polímero seja comercializado terá um custo bem menor.

A principal vantagem do grampo de polímero se refere ao seu uso no tratamento endodôntico pelo fato do polímero não impedir a visualização das limas endodônticas nas radiografias, pois é completamente radiolúcido.

Os valores da radiodensidade varia com a medida que a espessura do objeto radiografado aumenta ou quanto maior o número atômico do material (COOK, 1981) menor será a quantidade de Raios-X que precipitará para a formação da imagem radiográfica, produzindo uma imagem radiopaca. Quando há uma menor barreira e interação maior entre os

Raios-X a imagem obtida será de aspecto radiolúcido. (KANIS et al, 1994). Os grampos de metal, por apresentarem maior densidade molecular, são mais radiopacos, contrastando com os grampos de polímero, que se apresentaram radiolúcidos.

A densidade óptica é uma medida logarítmica da razão de intensidade de luz a incidir pela intensidade de luz através da imagem do filme radiográfico. E não depende apenas das propriedades inerentes à absorção de raios X, mas também as características do filme, seus parâmetros de exposição e condições de processamento (WATTS & MCCABE, 1999). Nesse quesito, o grampo de polímero apresenta vantagem em relação ao grampo de metal.

Durante alguns procedimentos odontológicos em que se requer o isolamento absoluto, também é necessária a realização de uma radiografia, sem a remoção do isolamento. Devido à grande densidade dos grampos de metal eles promovem grande radiopacidade na radiografia, dificultando sua análise. Como os grampos de polímero tem como sua característica principal serem “invisíveis” na radiografia, eles não comprometem a análise radiográfica, portanto não comprometem o trabalho do endodontista. O grampo de polímero desenvolvido e patenteado, na Universidade de Uberaba, atende aos requisitos de não interferirem na visualização dos instrumentais durante os procedimentos odontológicos. Percebeu-se por meio do presente trabalho que os grampos de polímero apresentam resultados promissores para serem possíveis substitutos aos grampos de metais, devido a sua maior radiolucidez, e por apresentarem menor custo, podendo ser autoclaváveis e até mesmo descartáveis.

Assim, apesar da necessidade de outros ensaios para viabilizar o uso do grampo polimérico, deve-se considerar que este trabalho busca responder ao estímulo de registro de patentes e títulos de proteção intelectual o que colabora para o desenvolvimento tecnológico e científico do país.

O dispositivo para Isolamento absoluto (grampo) desenvolvido na Universidade de Uberaba foi confeccionado em polímero que apresenta como vantagens o baixo custo, serem descartáveis ou autoclaváveis, não enferrujam ou oxidam, são radiolúcidos não interferindo nas imagens radiográficas, além de permitirem melhor aderência e retenção ao elemento dental, por não serem totalmente rígidos.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que:

- É possível produzir grampos poliméricos para isolamento absoluto por meio de impressão 3D, para confecção do protótipo.
- O grampo polimérico desenvolvido apresenta maior radiolucidez quando comparado ao grampo convencional metálico.

REFERÊNCIAS

AHMAD IA. Rubber dam usage for endodontic treatment: a review. **International Endodontic Journal**. v. 42, p. 963-72. 2009.

AL-AMAD SH; AWAD MA; EDHER FM; SHAHRAMIAN K; OMRAN TA. The effect of rubber dam on atmospheric bacterial aerosols during restorative dentistry. **Journal of Infection and Public Health**. v. 10, n.2, p. 195-200. 2017.

AL-SEBAEI MO; HALABI AO; EL-HAKIM IE. Sodium hypochlorite accident resulting in life-threatening airway obstruction during root canal treatment: a case report. **Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry**. v.7, n.2, p. 41–44. 2015.

BOONSIRIPHANT, P; AL-SALIHI, Z; HOLLOWAY, JA; SCHNEIDER, GB. The Use of 3D Printed Tooth Preparation to Assist in Teaching and Learning in Preclinical Fixed Prosthodontics Courses. **Journal of Prosthodontics**. v. 28, n.2. 2019

BUKHARI S; GOODACRE BJ; ALHELAL A; KATTADIYIL MT; RICHARDSON PM. Three-dimensional printing in contemporary fixed prosthodontics: a technique article. **Journal of Prosthetic Dentistry**. v. 119, p. 530-534. 2018.

CAMILLERI, J.; GANDOLFI, M.G. Evaluation of the radiopacity of calcium silicate cements containing different radiopacifiers. **International Endodontic Journal**. v. 43, p. 21-30. 2010.

COOK, W. D. An investigation of the radiopacity of composite restorative materials. **Australian Dental Journal**. v. 26, n.2, p.105-112, 1981.

DAWOOD, Andrew; MARTI, Begoña; SAURET-JACKSON, V; DARWOOD Alastair. 3D printing in dentistry. **British Dental Journal**. v. 219, n. 11, p. 521-529. 2015.

DOS SANTOS, E.T.; BOER, N.P. Po32-Influência do isolamento absoluto no uso de resina composta fotopolimerizável. **Archives of health investigation**. v. 6, 2018.

FREIRE, Maria Teresa de A.; REYES, Felix G. R.; CASTLE, Laurence. Estabilidade térmica de embalagens de poli (tereftalato de etileno (PET): determinação de Oligômeros. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v.8, n.1, p.46-53. 1998.

GARBIN, C.A.S.; GARBINI, A.J.I.; SANTOS,, K.T.; PIZZATTO, E.; MOROSOV, T.T. Comparação da Retenção de um Selante de Fóssulas e Fissuras sob Três Tipos de Isolamento. **Pesquisa Brasileira em Odontopediatria e Clínica Integrada**, v. 8, n. 2, 2008.

GASHTI, M.P; HEGEMANN, D; STIR, M; HULLIGER, J. Thin film plasma functionalization of polyethylene terephthalate to induce bone-like hydroxyapatite nanocrystals, **Plasma Processes and Polymers**. v.11, n. 1, p. 37-43. 2014.

GASHTI, M.P; MORADIAN, S; RASHIDI, A; YAZDANSHENAS, M.-E. Dispersibility of hydrophilic and hydrophobic nano-silica particles in polyethylene terephthalate films: evaluation of morphology and thermal properties, **Polymers & Polymers Composites**. v. 23, n. 5. 2015.

HELFRICH JR., HAROLD W. A Crise Ambiental: A Luta do Homem para Viver consigo mesmo. **Melhoramentos/EDUSP**. 2. ed. São Paulo. 1994.

KALMAN, Les. 3D printing of a novel dental implant abutment. **Journal of Dental Research, Dental Clinics, Dental Prospects**. v. 12. n. 4. p. 299-303. 2018.

KANIS, J. A.; MELTON, L. J. 3RD; CHRISTIANSEN, C. et al. The diagnosis of osteoporosis. **Journal of Bone and Mineral Research**. v. 9, n. 8, p. 1137–1141, 1994.

KHATHOON, S.M.S.; RAJ, J.D. Use of Rubber Dam among Dental Students-A Questionnaire Study. **Journal of Pharmaceutical Sciences and Research**, v.7, n. 11, p. 1007, 2015.

MAHMOUD, A; BENNETT, M. Introducing 3-dimentional printing of a human anatomic pathology specimen. **Archives of Pathology & Laboratory Medicine online**. v. 139. p. 1048-1051. 2015.

RAHMATULLAH, K.; FADIA, B.; FARZANA, R.; ASHFAQ, A. Perception of rubber dam - a qualitative view. **World journal of pharmaceutical and medical research**. v. 3, n. 1, p. 05-07. 2017

ROAHEN JO, LENTO CA. Using cyanoacrylate to facilitate rubber dam isolation of teeth. **Journal of Endodontics**. v. 18, n. 10, p. 517-519. 1992.

ROSU, R.F; SHANKS, R.A; BHATTACHARYA, S.N. Shear rheology and thermal properties of linear and branched poly(ethylene terephthalate) blends. **Polymer** **40**. p. 3891–5898. 1999.

SOUZA, F.C.P.P.; PARDINI, L.C.; CRUVINEL, D.R.; HAMIDA, H.M.; GARCIA, L.F. In vitro comparison of the radiopacity of cavity lining materials with human dental structures. **Journal Conservative Dentistry** v. 13, p. 65-70. 2010

SUTTON J, SAUNDERS WP. Effect of various irrigant and autoclaving regimes on the fracture resistance of rubber dam clamps. **International Endodontic Journal**. v. 29, n. 5, p. 335-343. 1996.

TAKIMI, Antonio Shigueaki et al. Produção de revestimentos de polietileno tereftalato (PET) reciclado por aspersão térmica. **Salão de Iniciação Científica (9.: 1997: Porto Alegre). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS**. 1997.

VELEIRINHO, B; REI, M.F; LOPES-DA-SILVA, J.A. Solvent and concentration effects on the properties of electrospun poly(ethylene terephthalate) nanofiber mats. **Journal of Polymer Science, Part B: Polymer Physics**. p. 460–471. 2008.

VELEIRINHO, B; BERTI, F.V; DIAS, P.F; MARASCHIN, M; RIBEIRO-DO-VALLE, R.M; LOPES-DA SILVA, J.A. Manipulation of chemical composition and architecture of non-biodegradable poly(ethylene terephthalate)/chitosan fibrous scaffolds and their effects on L929 cell behavior, **Materials Science and Engineering C: Materials for Biological Applications**. p. 37–46. 2013.

VOSS, T; PARANJPE AS; COZINHEIRO TG; GARRISON NDW. Short Introduction to Intellectual Property Rights. **Techniques in Vascular and Interventional Radiology**. v. 20, n. 2, p. 116-120, Jun 2017.

XIA, L; ZHANG, Q; ZHUANG, X; ZHANG, S; DUAN, C; WANG, X; CHENG B. Hot-Pressed Wet-Laid Polyethylene Terephthalate Nonwoven as Support for Separation Membranes. **Polymers (Basel)**. v.11, n.10, set 2019.

WANG Y.; LI C.; YUAN, H.; WONG, M.C.M.; ZOU, J.; SHI, Z.; ZHOU, X. Rubber dam isolation for restorative treatment in dental patients (Review). **Cochrane Database of Systematic Reviews**. 2016.

WATTS, D.C.; MCCABE, J.F. Aluminium radiopacity standards for dentistry: an international survey. **Journal of Dentistry**. v. 27, p. 73–78. 1999.