



UNICAMP

CONCORDÂNCIA DO ORIENTADOR



Declaro que o (a) aluno (a) André Cardoso Andrade de Melo, RA 134931, esteve sob minha orientação para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado **INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE CIMENTAÇÃO SOBRE A RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO FIXADOS COM CIMENTOS RESINOSOS EXPERIMENTAIS CONTENDO DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE SAL DE ÔNIO** no ano de 2016

Concordo com a submissão do trabalho apresentado à Comissão de Graduação pelo aluno, como requisito para aprovação na disciplina DS101 - Trabalho de Conclusão de Curso.

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

Piracicaba, 28 de setembro de 2016.

GISELLE MARIA MARCHI BARON



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE CIMENTAÇÃO SOBRE
A RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO FIXADOS COM
CIMENTOS RESINOSOS EXPERIMENTAIS CONTENDO DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE SAL DE ÔNIO**

ANDRÉ CARDOSO ANDRADE DE MELO

Piracicaba
2016

ANDRE CARDOSO ANDRADE DE MELO

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE CIMENTAÇÃO SOBRE
A RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE PINOS DE FIBRA DE VIDRO FIXADOS COM
CIMENTOS RESINOSOS EXPERIMENTAIS CONTENDO DIFERENTES
CONCENTRAÇÕES DE SAL DE ÔNIO**

Orientador(a): GISELLE MARIA MARCHI BARON

COorientador(a): THATIANA DE VICENTE LEITE

Piracicaba

2016

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Marilene Girello - CRB 8/6159

M491i Melo, André Cardoso Andrade de, 1994-
Influência de diferentes estratégias de cimentação sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados com cimentos resinosos experimentais contendo diferentes concentrações de sal de ônio / André Cardoso Andrade de Melo. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Giselle Maria Marchi Baron.

Coorientador: Thatiana de Vicente Leite.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Cimentação. 2. Pinos dentários. I. Marchi, Giselle Maria, 1970-. II. Leite, Thatiana de Vicente, 1988-. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Informações adicionais, complementares

Título em outro idioma: Influence of different cementation strategies on the bond strength of glass fiber posts fixed with experimental resin cements containing different concentrations of onium salts

Palavras-chave em inglês:

Cementation

Dental pins

Titulação: Cirurgião-Dentista

Data de entrega do trabalho definitivo: 03-10-2016

Dedicatória

*Dedico esse trabalho a todos que de alguma
forma contribuíram para a minha formação.
Em especial, dedico aos meus pais, Hélio e Solange,
pelo amor, incentivo e apoio incondicional.*

Agradecimentos

Agradeço a Deus, por ter me dado saúde, força e sabedoria para que eu pudesse enfrentar os desafios e as dificuldades.

Ao meu pai Hélio, guerreiro, por tudo que conquistou e fez pelo bem da nossa família, e por ter me ensinado, através de seus exemplos, a importância do esforço e da dedicação. Agradeço também por me proporcionar condições e suporte para que eu comece minha vida profissional como cirurgião- dentista da melhor forma possível.

À minha mãe Solange, conselheira, que sempre esteve disposta a fazer qualquer coisa pela família e pelos filhos. Por todos os momentos dedicados a mim, pelas palavras, pela amizade, e por ter me orientado com todo amor e carinho durante toda a minha vida.

Aos meus professores, pelos ensinamentos e exemplos de técnicas e profissionalismo, e por proporcionarem uma ótima formação como cirurgião-dentista.

À minha orientadora Profa. Giselle pela disponibilidade em ajudar e pelo apoio durante a execução das atividades da iniciação científica e deste trabalho.

À minha co-orientadora Thatiana, pela dedicação à nossa pesquisa, pela paciência ao me orientar, e pelo companheirismo durante todas as atividades que executamos durante minha iniciação científica.

Aos meus amigos, André, Caetano e Eduardo, companheiros de faculdade e irmãos de amizade, pelos bons momentos, pelas risadas, pela “procrastinação”, e pelas histórias que vão ficar para sempre em minha memória. Vocês fizeram parte da minha formação, e com certeza vão continuar presentes em minha vida.

A todos da ala dos canhotos, especialmente à Anne e Eduardo, companheiros de clínica, pelo suporte mútuo, companheirismo e por fazerem do nosso dia a dia um ambiente mais descontraído.

À minha namorada, Bruna, por todas as dicas e conselhos, que me ajudaram a superar as dificuldades enfrentadas. Por todo amor e carinho que fizeram parte dos meus finais de semana por quase todo o período de faculdade. Por me ensinar a ver as coisas de uma perspectiva mais humana, e por ter contribuído tanto na minha formação como dentista e como pessoa.

À minha amiga Geovana, pelo incentivo e torcida desde a época do ensino médio.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram e torceram por mim na conclusão da minha graduação em Odontologia.

Epígrafe

*“O único lugar onde o sucesso vem antes do
trabalho é no dicionário”*

Albert Einstein

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência dos diferentes protocolos de fotopolimerização sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados com cimentos resinosos experimentais contendo diferentes concentrações do sal hexafluorofosfato de difeniliodônio (DFI). O cimento resinoso experimental foi manipulado a partir de um composto base de monômeros Bis-GMA e TEGDMA na proporção 1:1 em massa, 2 mol% de amina terciária dimetilaminoetil benzoato (EDAB), com adição de 0,5 mol%, 1 mol% ou nenhuma adição do sal DFI. Sessenta raízes de incisivos bovinos foram preparadas endodonticamente e divididas, aleatoriamente, em 2 grupos, variando-se o protocolo de fotoativação: Grupo-1: condicionamento ácido por 15 segundos, aplicação do *primer*, seguido do *bond*, fotoativação por 20 segundos à irradiância de 1200 mW, introdução do cimento resinoso experimental, posicionamento do pino no interior do canal e fotoativação por 60 segundos. Grupo-2: condicionamento ácido por 15 segundos, aplicação do *primer* seguido do *bond* e, logo em seguida, introdução do cimento resinoso, posicionamento do pino no interior do canal e fotoativação dos três agentes, simultaneamente, por 60 segundos. As raízes contendo os pinos cimentados foram submetidas ao teste de resistência de união *push-out* a uma velocidade de 1mm/min. Para os espécimes fraturados foi realizada a análise do padrão de fratura através de lupa estereoscópica (LEICA MZ75 50X) e microscopia eletrônica de varredura. Os dados coletados foram tabulados, avaliados quanto a sua normalidade e submetidos ao teste estatístico Anova 3 fatores em parcelas subdivididas e teste de Tukey ($p < 0,05$).

PALAVRAS-CHAVE: Sal de ônio, DFI, Pinos de fibra de vidro, cimentação

Abstract

The aim of this study was to evaluate the influence of different curing protocols on the bond strength of fibergrass pins set with experimental resin cements containing different hexafluorophosphate salt concentrations of diphenyliodonium (DFI). The experimental Cement was manipulated from a compound based monomer Bis-GMA and TEGDMA in a 1: 1 by weight, 2 mol% of dimethylaminoethyl tertiary amine benzoate (EDAB) with addition of 0.5 mol%, 1 mol % DFI or no addition of salt. Sixty roots of bovine incisors were prepared endodontically and divided randomly into two groups, varying the photoactivation protocol: Group-1: etching for 15 seconds, the application of primer, followed by bond, light curing for 20 seconds to irradiance 1200 mW, introduction of experimental resin cement, pin position within the channel and light curing for 60 seconds. Group-2: acid etching for 15 seconds, followed by priming and then bond, then introducing the resin cement, the positioning pin into the channel and the three curing agents simultaneously for 60 seconds. The roots containing cemented posts were submitted to the push-out bond strength test at a speed of 1 mm / min. For the fractured specimens was performed pattern analysis of fracture through stereoscopic microscope (Leica MZ75 50X) and scanning electron miscroscopia. Data were tabulated and evaluated for its normality and subjected to statistical tests Anova 3 factors in a split plot, and Tukey test ($p < 0.05$).

KEYWORDS: onium salt, DFI, fiberglass pins, cementin

SUMÁRIO

I-	Introdução.....	12
II-	Revisão de Literatura.....	15
III-	Proposição.....	28
IV-	Metodologia.....	29
V-	Resultados.....	35
VI-	Discussão.....	38
VII-	Conclusão.....	41
VIII-	Referências Bibliográficas.....	42

I - Introdução

Pinos de fibra de vidro são amplamente utilizados em reconstruções de dentes com grande perda de estrutura por sua facilidade de uso, baixo custo e melhor estética quando comparados aos núcleos metálicos fundidos ou pinos metálicos. Outra excelente vantagem é que os pinos de fibra de vidro apresentam módulo de elasticidade (16-40 GPa) semelhante ao da dentina (18,6 GPa) e ao de compósitos (5,7-25 GPa), o que diminui drasticamente os riscos de fratura da raiz (Figueiredo FE, Martins-Filho PR, Faria-e-Silva AL. 2015; Schwartz RS, Robbins JW. 2004; Bitter K & Kielbassa AM, 2007).

A grande dificuldade encontrada na utilização dos pinos de fibra vidro é a polimerização deficiente e consequente diminuição nos valores de grau de conversão do cimento nas regiões mais apicais do canal radicular, devido ao fenômeno da atenuação da luz durante sua passagem por toda a extensão do canal, o que pode prejudicar a obtenção de boa resistência de união nessas regiões (Farina AP, *et al.* 2011; Morgan, *et al.* 2008; Foxton, *et al.* 2003). A fim de evitar esse problema, são usados para a fixação de pinos, cimentos ou compósitos resinosos de dupla ativação, já que nesses materiais a combinação da fotoativação e ativação química faz com que a polimerização ocorra de forma mais uniforme, mesmo nas regiões mais apicais, fora do alcance da luz, o que garante um melhor grau de conversão dos monômeros (Uctasli, *et al.*, 1994; Braga, *et al.*, 2002; Foxton, *et al.*, 2003; Aksornmuang, *et al.*, 2007).

Apesar disso, os cimentos fotopolimerizáveis apresentam vantagens sobre os ativados quimicamente, principalmente: maior controle sobre o tempo clínico durante o procedimento e maior estabilidade de cor, devido a menor quantidade de aminas terciárias presentes nesses compósitos (Rosenstiel, *et al.* 1998). Diante disso, algumas técnicas alternativas tem sido utilizadas para melhorar o problema da polimerização deficiente de cimentos resinosos fotoativáveis, devido à atenuação da

luz em regiões mais profundas, como o aumento do tempo de exposição à luz ativadora (Halvorson, *et al.* 2002), aumento da irradiância da unidade fotoativadora (Komori *et al.*, 2010) ou, ainda, o aumento da reatividade dos compósitos fotoativados, através do uso de sistemas fotoiniciadores mais eficazes (Ogliari F, *et al.*, 2007; Gonçalves LS, *et al.*, 2013; Brandt WC, *et al.*, 2010).

Recentemente, demonstrou-se o aumento da cinética de polimerização e grau de conversão de adesivos fotoativáveis com o aumento da reatividade do sistema fotoiniciador, por meio da incorporação de um sal de ônio, no caso, o hexafluorofosfato de difeniliodônio (DFI) (Ogliari *et al.*, 2007). Apesar deste sal não absorver luz no comprimento de onda azul (utilizado como fotoiniciador para sistemas de monômeros que utilizam a luz UV) (Crivello & Lam, 1977), um eficiente sistema fotoiniciador é formado, resultado da associação entre o sal, um corante foto-sensitivo de luz azul (canforoquinona) e amina terciária. Essa associação permite tornar os compósitos mais reativos devido ao aumento das vias de obtenção e reciclagem de radicais livres formados durante a reação de polimerização dos metacrilatos.

Partindo deste ponto, Gonçalves e colaboradores (2013) demonstraram que a introdução deste sistema fotoiniciador aos cimentos resinosos fotoativáveis também gerou resultados promissores. O acréscimo do sal DFI (testado em diversas concentrações) melhorou as propriedades físicas e mecânicas: resistência à flexão, módulo de elasticidade, sorção e solubilidade em água, dureza Knoop bem como o aumentou o grau de conversão (diretamente proporcional a otimização das propriedades mecânicas (Ferracane *et al.*, 2006)). Leite e colaboradores (2013), em um estudo *in vitro* sobre a cimentação de pinos de fibra de vidro utilizando cimentos resinosos experimentais fotoativados também contendo diferentes concentrações do sal DFI e diferentes aminas, demonstraram que os cimentos resinosos experimentais fotoativáveis contendo DFI alcançaram valores de resistência de união semelhantes aos valores apresentados pelo cimento comercial dual e superiores ao cimento fotoativável comercial, mesmo nas regiões apicais

(aproximadamente 8 mm de distância da região coronária). Este resultado estimula a progressão de estudos relacionados à fixação de pinos no canal utilizando-se cimento resinoso fotoativável, uma vez que, na prática clínica, seria grande vantagem o controle do tempo do procedimento pelo cirurgião dentista.

Ainda em relação aos procedimentos clínicos, a técnica e estratégia utilizada pelos cirurgiões dentistas também é um fator que influencia na longevidade das restaurações que utilizam pinos de fibra de vidro intrarradiculares (Gomes, GM, *et al.*, 2013;).

Atualmente, a cimentação de pinos de fibra de vidro no interior do canal tem sido realizada através da técnica adesiva, a qual utiliza cimento resinoso dual e também sistemas adesivos (Ferrari M, Vichi A, Garcia-Godoy F, 2000). Algumas variações quanto à fotoativação do sistema adesivo podem ser escolhidas, tendo-se como opções a fotoativação do sistema adesivo antecedendo a inserção do cimento resinoso, ou a fotoativação do conjunto sistema adesivo+cimento resinoso, realizada simultaneamente e logo após a inserção do pino. O processo de introdução do cimento resinoso dual no interior do canal radicular até a introdução do pino requer muita atenção e agilidade por parte do cirurgião dentista, já que a polimerização ativada pela parte química do cimento já se inicia assim que o este é manipulado.

Embora a literatura recente mostre-se favorável à incorporação do DFI aos cimentos resinosos, faz-se necessário testar diferentes concentrações deste sal, juntamente com variações da técnica de cimentação. Portanto, este estudo testou duas hipóteses: 1- o sistema fotoiniciador ternário contendo sal de ônio melhoraria a resistência de união dos cimentos experimentais fotoativados; 2- a fotopolimerização do sistema adesivo e cimento resinoso, concomitantemente, produziria efeito sinérgico quanto à reatividade dos sistemas fotoiniciadores, melhorando também a resistência de união.

II - Revisão de literatura

Os cimentos de dupla ativação tem sido os de escolha na cimentação de pinos de fibra de vidro, já que a ativação química é complementar a ativação pela luz, que não atinge a região mais apical da raiz. Visando-se melhorar a efetividade desses cimentos, vários autores preconizam a incorporação de um sal de ônio nesses cimentos.

Em 1994, Uctasil S e colaboradores avaliaram a influência da espessura e opacidade da porcelana na polimerização de dois cimentos resinosos duplamente ativados (microfino e híbrido) e um cimento resinoso fotoativado (híbrido) por medições de dureza. Foram determinados os valores de microdureza superficial da superfície superior e inferior de amostras de cimento de resina de espessura de 1 mm. Os espécimes foram polimerizados utilizando irradiação de 40 segundos sob diferentes espessuras e opacidades de discos de porcelana. Os resultados mostraram que o aumento da espessura e opacidade da porcelana produziu uma diminuição estatisticamente significativa na dureza dos cimentos à base de resina. O efeito de atenuação foi menor para o cimento microfino do que para os híbridos. No caso dos cimentos de híbridos, o material fotoativado teve um desempenho melhor do que o cimento duplamente ativado.

Rosenstiel SF e colaboradores, em 1998, conduziu uma revisão de literatura que resume a investigação sobre vários sistemas de cimentação com o objetivo de fornecer informações para ajudar o dentista a escolher o material mais adequado. Os estudos científicos foram avaliados em relação às seguintes categorias: (1) biocompatibilidade, (2) cárie ou inibição da placa, (3) infiltração, (4) resistência e outras propriedades mecânicas, (5) a solubilidade, (6) a sorção de água, (7) a adesão (8), tensões (9), resistência ao desgaste, (10) estabilidade de cor, (11) radiopacidade (12), espessura da película ou a viscosidade, e (13) tempos de trabalho e de definição. Além disso, as orientações de manipulação do agente de cimentação estão relacionados com a literatura disponível e incluem: (1) remoção do

cimento temporária, (2) a remoção da camada de esfregaço, (3) relação pó / líquido, (4) temperatura e velocidade da manipulação, (5) força e vibração do assentamento, e (6) controle de umidade. Tabelas de produtos disponíveis e as suas propriedades também foram apresentadas em conjunto com as atuais recomendações por parte dos autores com uma lógica.

Em 2000, Ferrari M e colaboradores, realizaram um estudo para avaliar in vitro a morfologia da dentina em canais radiculares em termos de orientação tubular, densidade e aumento da área de superfície após o condicionamento. Trinta dentes anteriores foram divididos em 3 grupos aleatoriamente: as amostras do Grupo 1 foram utilizados para estudar a morfologia tubular no SEM. Grupos 2 e 3 amostras foram condicionadas com ácido fosfórico a 32%. Os dentes do Grupo 2 foram examinados por SEM, com nenhum tratamento adicional. As amostras do Grupo 3 foram tratados com um sistema de ligação e pinos de fibra foram cimentadas no canal. Estes dentes foram então processados para avaliação de marcas de formação e de resina da camada híbrida em túbulos dentinários. As observações foram feitas de acordo com a localização na dentina radicular, a densidade tubular foi estimada, e o aumento da área disponível para aderência após o condicionamento foi calculada. As observações revelaram uma variabilidade na densidade e orientação dos túbulos dentro de diferentes áreas, em todas as amostras. Diferenças estatisticamente significativas na densidade de túbulos foram encontrados dependendo da localização. A área de superfície de dentina disponível para ligação aumentou em 202% após o condicionamento no terço cervical, 156% no terço médio, e 113% no terço apical da dentina radicular. As amostras do Grupo 3 mostraram que a espessura da camada de híbrida depende da densidade de túbulos. Nos setores com baixa densidade de túbulos, a camada híbrida foi significativamente mais fina do que em áreas com uma maior densidade de túbulos. O aumento da área de superfície da dentina pode ser responsável pela força de ligação reforçada após o condicionamento ácido, mas nem todas as áreas exibiram respostas iguais ao condicionamento.

No mesmo ano, Ferrari M e colaboradores, realizaram um estudo para avaliar in vitro a morfologia da dentina em canais radiculares em termos de orientação tubular, densidade e aumento da área de superfície após o condicionamento. Trinta dentes anteriores foram divididos em 3 grupos aleatoriamente: as amostras do Grupo 1 foram utilizados para estudar a morfologia tubular no SEM. Grupos 2 e 3 amostras foram condicionadas com ácido fosfórico a 32%. Os dentes do Grupo 2 foram examinados por SEM, com nenhum tratamento adicional. As amostras do Grupo 3 foram tratados com um sistema de ligação e pinos de fibra foram cimentadas no canal. Estes dentes foram então processados para avaliação de marcas de formação e de resina da camada híbrida em túbulos dentinários. As observações foram feitas de acordo com a localização na dentina radicular, a densidade tubular foi estimada, e o aumento da área disponível para aderência após o condicionamento foi calculada. As observações revelaram uma variabilidade na densidade e orientação dos túbulos dentro de diferentes áreas, em todas as amostras. Diferenças estatisticamente significativas na densidade de túbulos foram encontrados dependendo da localização. A área de superfície de dentina disponível para ligação aumentou em 202% após o condicionamento no terço cervical, 156% no terço médio, e 113% no terço apical da dentina radicular. As amostras do Grupo 3 mostraram que a espessura da camada de híbrida depende da densidade de túbulos. Nos setores com baixa densidade de túbulos, a camada híbrida foi significativamente mais fina do que em áreas com uma maior densidade de túbulos. O aumento da área de superfície da dentina pode ser responsável pela força de ligação reforçada após o condicionamento ácido, mas nem todas as áreas exibiram respostas iguais ao condicionamento.

Braga RR., em 2002, investigou a resistência à flexão, módulo de flexão e dureza de quatro cimentos resinosos. Os materiais testados foram: Impor e Variolink II (foto, auto e dual), RelyX ARC (auto e dual) e C & B (auto). Os espécimes foram fraturado usando um ensaio de flexão de três pontos. Cargas de pré-falha correspondentes aos deslocamentos específicos da cruzeta foram utilizados para o cálculo módulo de flexão. Dureza Knoop (KHN) foi medida em fragmentos obtidos após o teste de

flexão. Os testes foram realizados após 24 horas de armazenamento a 37 graus C°. O RelyX ARC de dupla polimerização apresentou maior resistência à flexão do que os outros grupos. RelyX ARC e Variolink II dependiam da foto-ativação para alcançar maiores valores de dureza. A aplicação mostrou dureza semelhante para os modos dual e auto-cura. Nenhuma correlação foi encontrada entre a resistência à flexão e dureza, o que indica que outros fatores, além do grau de cura (por exemplo, teor de carga e tipo de monômero) afetam a resistência à flexão de compósitos. Não houve diferença estatisticamente significativa detectada no módulo de flexão entre os diferentes grupos.

Em 2003, Foxton RM e colaboradores avaliaram a resistência de união à tração regional na dentina radicular de um material de resina composta dual, usando adesivos fotoativáveis e de ação dual, e diferentes modos de polimerização. Dezenove pré-molares tiveram seu esmalte e os canais radiculares preparados a uma profundidade de 8 mm e uma largura de 1,4 mm usando brocas Para Post. Para o teste de resistência de união (microTBS), 15 raízes foram aleatoriamente divididas em cinco grupos e suas paredes do canal tratadas com um primer dual-cura auto-condicionante (Clearfil Liner de Bond 2V Primer, Kuraray Medical Co, Japão). Resina adesiva (Clearfil forro de Bond 2V Bond A) foi aplicado a dois dos grupos e fotoativados durante 20 segundos. Uma resina adesiva de cura dupla (Clearfil forro de Bond 2V Bond A + B, Kuraray Co médica, Japão) foi aplicada para os outros três grupos, um dos quais foi fotopolimerizada. Os espaços para o pino de todos os grupos foram preenchidos com um compósito resinoso de dupla cura (DC Core) e três foram fotopolimerizadas por 60 segundos a partir do sentido coronal. Um compósito de resina quimicamente ativada foi colocado sobre as superfícies exteriores das raízes, as quais foram então armazenados em água durante 24 horas. Elas foram cortados em série perpendicular à interface de união em oito placas de 0,6 mm de espessura, em seguida, transversalmente seccionadas em vigas de aproximadamente 8 x 0,6 x 0,6 mm para o teste microTBS. Todos os modos de falha foram observados em MEV e analisados no teste de Kruskal-Wallis. Para o teste de dureza de Knoop, foram preparadas quatro amostras de um modo

semelhante, dois eram fotopolimerizáveis e os outros dois quimicamente polimerizadas. Os espécimes foram seccionados longitudinalmente em duas partes, e três penetrações foram feitas em intervalos de 100 microM de coronal para apical nas oito metades. Os dados foram divididos em dois grupos (metades coronal / apicais de espaço pós) e analisados utilizando ANOVA de duas vias e teste de Scheffe ($p < 0,05$). Para cada estratégia de cura, não houve diferenças significativas na microTBS e dureza de Knoop entre as regiões apicais e coronal ($p > 0,05$). A exposição à luz de ambas as resinas adesiva composta resultou em microTBS significativamente mais elevadas do que apenas quimicamente ativada ($p < 0,05$). A exposição à luz também aumentou significativamente a dureza de Knoop em ambas as regiões apicais e coronal ($p < 0,05$). Quando a resina de ligação e resina composta dual foram quimicamente ativadas, falhas coesivas ocorreram dentro da resina. Foi necessária a fotoativação da resina composta adesiva e resina dual-cura para alcançar uma boa ligação à dentina do canal radicular, o que não era dependente região.

Tay FR e sua equipe, em 2005 examinaram as variáveis importantes que influenciam a adesão dos materiais de preenchimento à dentina radicular usando um modelo de cone invertido truncado. Para um canal 20 mm de comprimento preparado com uma limade tamanho 25, os fatores C calculados variaram de 46 a 23.461 com a diminuição da espessura do selante (500-1 microns), em comparação com um fator C de 32, quando o canal foi preenchido apenas com cimento. À medida que a espessura do adesivo é reduzida, o encolhimento volumétrico é reduzida, o que resulta numa redução da retração de estresse (fator S). Fatores C acima de 954 calculados com espessura inferior a 25 microns são parcialmente compensadas por aumentos na área de ligação de diminuição do volume de encolhimento. No entanto, a interação desses dois fatores geometricamente relacionados (Fatores C e S) prevê que a adesão de materiais de preenchimento aos canais é altamente desfavorável quando comparado com restaurações intracoronárias indiretas com uma espessura de película de resina similar.

Em 2006, Ferracane JL descreveu os fatores associados a efeitos higroscópico e hidrolíticas em redes de polímeros odontológicos e revisou a literatura gerada nos últimos trinta anos ou mais nesta área. As informações foram coletadas a partir de cerca de 90 artigos publicados ou resumos que parecem na literatura odontológica. Os estudos foram predominantemente identificados através de uma pesquisa do banco de dados PubMed. Foram incluídos estudos que forneciam evidências diretas para a absorção de solvente por meio de uma rede de polímero e do seu subsequente efeito físico ou químico, ou a perda de espécies moleculares em solventes. Foi feita uma tentativa para selecionar artigos de 1970 até os dias atuais para garantir que a maioria da literatura clássica, bem como as informações mais recentes foi incluída. Os autores concluíram que as redes de polímeros têm sido mostradas ser susceptíveis aos efeitos higroscópicos e hidrolíticas em diversos graus que dependem da sua estrutura química. A importância destes efeitos sobre o desempenho clínico de restaurações de polímero é em grande parte desconhecida, apesar de numerosos investigadores têm indicado o potencial de vida útil reduzido. Embora as propriedades físicas e mecânicas destes materiais podem ser significativamente alteradas pelos efeitos de absorção de solvente e eluição de componentes, o que pode constituir a maior preocupação é a liberação em curto prazo dos componentes que não reagiram e a eluição de longo prazo de produtos de degradação na cavidade bucal, ambos os quais devem ser fortemente considerada durante o desenvolvimento do material restaurador.

Em 2007, Bitter K e Kielbassa AM, revisaram a literatura sobre a cimentação adesiva de pinos de fibra de vidro (FRC) para fornecer evidências para o procedimento clínico de restauração de dentes tratados endodonticamente usando FRC. Dados voltados ao comportamento da ligação entre a dentina do canal radicular, agente de cimentação, e FRC in vitro, bem como o desempenho in vivo de dentes restaurados com pinos FRC foram relatados. Estes dados foram identificadas por pesquisas de "PubMed", "Scopus", e bancos de dados "Biblioteca Cochrane" com os termos "restauração pós-endodôntica", "pós fibra", "cimentação adesiva", "dentina do canal radicular", "estudo clínico ", e "pino de fibra de pré-tratamento ". Os

trabalhos publicados até setembro de 2007, foram selecionados, e as referências mais relevantes foram escolhidos. Em comparação com pinos metálicos, pinos FRC revelaram resistência à fratura reduzida *in vitro*, juntamente com um modo de falha normalmente restaurável. O comportamento de ligação entre os pinos FRC, cimentos, e a dentina da raiz do canal demonstrou resultados variados. Forças de ligação entre os pinos FRC e cimentos de resina podem ser melhorada através de vários procedimentos de pré-tratamento; no entanto, a ligação para a dentina do canal radicular ainda parece ser um desafio. A maioria dos estudos clínicos que investigaram as taxas de sobrevivência de dentes restaurados com pinos FRC revelou resultados promissores, mas os fatores de risco (por exemplo, a perda de estrutura dentária coronal) não foram estudados intensivamente. Além disso, ensaios clínicos randomizados controlados de longo prazo são escassos.

Ogliari FA e colaboradores, ainda em 2007, conduziram um estudo cujo objetivo foi avaliar a influência de um sal de ônio na cinética de polimerização de uma resina modelo de adesivo dental. Uma mistura de monómeros, com base em bis-GMA, TEGDMA e HEMA, foi usada como uma resina de adesivo dental modelo, que foi polimerizada utilizando canforquinona (CQ) na forma de um foto-iniciador em adição a ambos os sistemas foto-iniciadores binários ou ternários. Os sistemas binários foram formuladas com diferentes concentrações de hexafluorofosfato difeniliodônio ou acetato de 4-dimetilaminobenzoato em relação ao monômero e 1 mol% de CQ. O sistema ternário foi uma mistura de 1 mol% de CQ, 2 mol% de acetato de benzoato de 4-dimetilamino e 0,25, 0,5, 1, 2 ou 4 mol% de sal de ônio. Espectroscopia de infravermelho Fourier Transform em tempo real foi utilizada para investigar a reação de polimerização ao longo do tempo de fotoativação. Quando CQ foi utilizada como foto-iniciador, a reação de polimerização observou-se lenta e houve uma conversão de monômero inferior. A adição de um segundo componente (sal de ônio ou de amina) aumenta a taxa de polimerização e de conversão independente sobre a concentração de co-iniciador. A adição de sistema foto-iniciador ternário mostrou uma melhoria sobre a taxa de polimerização da resina de adesivo dental modelo que conduz à conversão elevada e em tempo de fotoativação curto. Além disso, um

mecanismo para iniciar a polimerização utilizando uma amina ou sal de ónio como um componente co-iniciador foi proposto.

Em 2010, Komori PC e sua equipe avaliaram o efeito de diferentes densidades de energia de luz sobre grau de conversão (CD) e número de dureza Knoop (KHN) no cimento resinoso RelyX ARC (RLX). Depois de manipulação de acordo com as instruções do fabricante, RLX foi inserido num molde de borracha (0,8 mm x 5 mm) e coberta com uma tira de Mylar. A ponta da unidade de fotopolimerização (LCU) foi posicionado em contato com a superfície de Mylar. *Quartz-tungsten-halogen* (QTH) e *light-emitting diode* (LED) foram usado como fontes de emissão de luz com densidades de luz de 10, 20 e 30 J / cm² para fotoativar os espécimes. Após fotoativação, os espécimes foram armazenados secos em recipientes opacos a 37 graus C. Após 24 horas, o CD foi analisado por FT-Raman e, após um período adicional de 24 horas, as amostras foram submetidas a testes de dureza Knoop. Os dados do CD (%) e KHN foram submetidos a ANOVA a dois critérios e teste de Tukey (alfa = 0,05). QTH e LED eram unidades de luz de ativação eficazes. Para QTH, não houve diferenças entre as densidades de energia de luz para CD ou KHN. Para LED, houve uma redução significativa no CD com a densidade de energia de luz fixada em 10 J/cm². KHN não foi influenciado pela unidade de fotopolimerização e pela sua densidade de energia da luz.

Brandt WC e colaboradores, também em 2010, conduziram um estudo cujo objetivo foi avaliar: (i) a absorção de foto-iniciadores e espectros de emissão de unidades de luz de cura (fontes de luz); e (ii) o grau de conversão contínua (DC) de compósitos experimentais formuladas com vários foto-iniciadores, quando ativados por fontes de luz diferentes. Foram preparadas misturas de BisGMA, UDMA, BisEMA e TEGDMA com canforquinona (CQ) e / ou 1-fenil-1,2-propanodiona (PPD). Metacrilato de dimetilaminoetilo (DMAEMA) foi utilizada como co-iniciador. Cada mistura foi carregada com 65% em peso de partículas de carga silanizadas. Um quartzo-tungstênio-halogênio - QTH (XL 2500, 3M / ESPE) e dois lightemitting diode (LED) (UltraBlue IS, DMC e UltraLume LED 5, Ultradent) foram utilizados para

procedimentos de ativação. A irradiância (mW / cm) foi calculada pela razão entre a potência de saída por área da ponta, e a distribuição espectral com um espectrómetro de USB (2000). A curva de absorção de cada foto-iniciador foi determinada utilizando um espectrofotômetro (Varian Cary 5G). DC foi avaliada por espectroscopia de infravermelho transformada de Fourier. Os dados foram submetidos a ANOVA a dois critérios e teste de Tukey (5%). Nenhuma diferença significativa foi encontrada para valores DC quando se utiliza fontes de luz LED, independentemente do tipo de foto-iniciador. No entanto, PPD mostrou valores significativamente mais baixos de DC do que compósitos com CQ quando irradiado com QTH. PPD produziu valores DC semelhantes aos da CQ, mas era dependente do tipo LCU.

Farina AP e colaboradores, em 2011, conduziram um estudo cujo objetivo foi avaliar resistência de união (BS) in vitro de pinos de fibra de vidro (GF) e pinos de fibra de carbono (CF) nos terços cervical, médio e apical de canais radiculares cimentados com RelyX-Unicem (RX) e Cimento-Post (CP). Quarenta caninos superiores foram divididos em 4 grupos (n = 10) de acordo com o cimento e pino utilizado: grupo 1: GF e RX; grupo 2: CF e RX; grupo 3: GF e CP; grupo 4: CF e CP. O teste de push-out foi aplicado nos terços cervical, médio e apical de cada amostra para avaliar resistência de união do complexo cimento-pino à parede do canal radicular. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste de Bonferroni, $p < 0,05$), e análise de fratura foi feito com SEM. Os pinos GF apresentaram os melhores resultados quando cimentados com RX e com CP ($p < 0,05$). RX apresentaram os maiores valores de RU para ambos GF e CF ($p < 0,05$). Para todos os grupos, BS foi maior no terço cervical, seguido pelo medio e apical. A análise de fratura mostrou uma predominância de fratura coesiva de pinos para RX, e uma predominância de fratura adesiva entre dentina / cimento, e modo de falha misto para CP. Concluiu-se que pinos GF cimentados com RX apresentaram os maiores valores de RU em todos os terços radiculares.

Gonçalves LS e colaboradores, em 2013, avaliou o efeito da adição

hexafluorophosphate difeniliodônio (DPI) como um terceiro componente do sistema fotoiniciador de radicais livres dos cimentos resinosos na sua cinética de fotopolimerização / stress e propriedades fundamentais. Um modelo de cimento resinoso contendo uma proporção de 1: 1 em massa de 2,2-bis[4- (2-hidroxi-3-methacryloxypropoxy)fenil]propano e dimetacrilato de trietilenoglicol foi obtido. Canforoquinona (1% mol) e metacrilato de 2- (dimetilamino) etil (2 mol%) foram adicionados à mistura de monómeros. Seis misturas foram obtidas por incorporação de 0 (controle), 0,25, 0,5, 1, 2, ou 4% em mol de DPI. Os cimentos foram carregados com uma fração de massa de 60% de pinos de fibra de vidro silanizados. Cinética de polimerização (usando transformada de Fourier espectroscopia no infravermelho próximo), resistência à flexão e módulo, absorção de água / solubilidade e tensão de polimerização foram avaliados. Os dados foram analisados estatisticamente usando o one-way ANOVA e teste de Student-Newman-Keuls '($P \leq 0,05$). Nos materiais modificados por DPI, o aparecimento de autodesaceleração ocorreu mais cedo e em maior conversão em comparação com o cimento de controle. A adição de DPI também conduziu a uma polimerização em fase inicial mais ativa. O módulo de flexão foi geralmente mais elevado para os materiais que continham DPI. A absorção de água e de solubilidade foi geralmente menor para materiais com frações DPI $\geq 0,5\%$. Foi observado aumento significativo da tensão de polimerização apenas no grupo com 1% mol de DPI em comparação com o cimento de controle. Observou-se que o efeito de DPI na reatividade fotopolimerização do cimento é dependente da concentração; a utilização de DPI poderia resultar em uma maior eficiência de polimerização dos cimentos à base de resina.

Ainda em 2013, Gomes GM e colaboradores , conduziram um estudo para avaliar a influência da experiência do operador (dentista vs estudante) e sistema de cimentação (Adper Scotchbond Multi-Purpose [SBMP] + RelyX ARC [1]; Adper Single Bond 2 [SB] + RelyX ARC [2] e RelyX U100 [3]) sobre a resistência de união (RU) do pino de fibra à dentina radicular. As raízes de 48 incisivos centrais superiores humanos extraídos foram preparadas e divididas em seis grupos ($n = 8$), de acordo com a combinação dos fatores acima mencionados. Pinos de fibra de

vidro foram cimentados em conformidade com as instruções do fabricante de cada sistema de cimentação. Após armazenamento em água a 37 ° C durante uma semana, as raízes foram seccionadas transversalmente em seis fatias de 1 mm de espessura e o teste de extração foi realizada (0,5 mm / min). Os dados foram analisados estatisticamente por meio de análise de duas vias de variância e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$). Os resultados RU obtidos pelo dentista e estudante para cada sistema de cimentação foram comparadas pelo teste t de Student ($\alpha = 0,05$). Foram observadas meios RU mais elevados para os operadores especializados, independentemente do sistema de cimentação utilizado ($p = 0,006$). RelyX U100 apresentou a maior resistência de união, mas não diferiu do SBMP + RelyX ARC. O teste t de Student revelou que apenas RelyX U100 não foi afetada pela experiência do operador. Dentro das limitações deste estudo *in vitro*, concluiu-se que o cimento autoadesivo RelyX U100 apresentou a maior resistência de união ao canal de raiz no grupo do estudante, e seu desempenho não foi afetado pela experiência do operador.

Também em 2013, Leite TV e colaboradores avaliaram , *in vitro*, a resistência de união (*push-out*) regional (terços cervical, médio e apical) de pinos de fibra de vidro (Reforpost #3, Ângelus Indústria de Produtos Odontológicos S/A, Londrina, PR) fixados com cimentos resinosos experimentais foto-ativados, contendo diferentes concentrações do sal difeniliodônio hexafluorofosfato (DFI), variando as aminas terciárias entre EDAB e DMAEMA, e os compararam a um cimento resinoso disponível no mercado em sua versão dual e foto-ativável. Foram utilizadas 80 raízes de incisivos inferiores bovinos com 15 mm de comprimento e diâmetro do canal máximo de 2 mm, as quais foram divididas em 8 grupos experimentais ($n = 10$). Os grupos experimentais são descritos a seguir: Grupo 1 – cimento resinoso experimental, sem adição do sal DFI, contendo 2 mol % de EDAB; Grupo 2 – cimento resinoso experimental, com adição de 0,5 mol % do sal DFI, contendo 2 mol % de EDAB; Grupo 3 – cimento resinoso experimental, com adição de 1 mol % do sal DPI, contendo 2 mol % de EDAB; Grupo 4 – cimento resinoso experimental, sem adição do sal DFI, contendo 2 mol % de DMAEMA; Grupo 5 – cimento resinoso

experimental, com adição de 0,5 mol % de DFI, contendo 2 mol % de DMAEMA; Grupo 6 – cimento resinoso experimental, com adição de 1 mol % de DFI, contendo 2 mol % de DMAEMA; Grupo 7 – cimento resinoso comercial Variolink II, versão foto-ativável, utilizando apenas a pasta base; Grupo 8 – cimento resinoso comercial Variolink II (Ivoclar-Vivadent), versão dualmente ativável, utilizando as pastas base e catalisadora. Para todos os grupos, o protocolo adesivo utilizado foi, condicionamento ácido, seguido pela aplicação do *primer* e *bond* Scotchbond Multipurpose (3M ESPE). Após a cimentação, o teste de resistência de união *push-out* foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min, utilizando uma célula de carga de 200 N e os valores expressos em MPa. A análise do padrão de fratura foi realizada em lupa estereoscópica (LEICA MZ75 50X). Os dados coletados foram submetidos à Análise de Variância a um critério com parcelas subdivididas e teste de Tukey ($\alpha=0.05$). Os resultados obtidos, demonstraram que não houve diferença estatística entre o comportamento dos cimentos devido a influência das diferentes aminas; os cimentos experimentais resinosos que continham o sal DFI (grupos 2,3,5 e 6) apresentaram os maiores valores de resistência de união para todos os terços estudados (cervical, médio e apical), sendo estes estatisticamente semelhantes ao cimento resinoso comercial Variolink II dual (grupo 8). Os menores valores apresentados foram para os cimentos que não continham o sal DFI (grupos 1 e 4) e para o cimento resinoso comercial Variolink II foto-ativável (grupo 7), sendo estes estatisticamente semelhantes no terço apical. O cimento resinoso experimental foto-ativável contendo sal de DFI se mostrou capaz para a cimentação de pinos de fibra de vidro, sendo estatisticamente semelhantes ao cimento resinoso comercial Variolink II Dual, e superiores ao mesmo cimento em sua versão fotoativável. A região apical demonstrou para todos os grupos os menores valores de resistência de união. O tipo de amina terciária e a concentração do sal de DFI (0,5 e 1 mol %) não influenciaram a resistência de união de pinos de fibra de vidro à dentina radicular.

Figueiredo FE e colaboradores, em 2015, com uma revisão sistemática, objetivaram analisar os ensaios clínicos e estudos de corte que avaliaram a taxa de incidência de fraturas radiculares em restaurações pós-mantida. A hipótese foi de

que a taxa de incidência relacionada com a utilização de pinos de metal foi maior do que a de pinos de fibra. Uma busca MEDLINE para estudos clínicos relatam a incidência de fraturas profundas de restaurações retidas com pinos de fibra ou de metal em dentes tratados endodonticamente com mais de 5 anos de follow-up conduzido desde o início até janeiro de 2014. Sete ensaios clínicos randomizados e 7 grupos foram incluídos no estudo. A taxa de sobrevivência foi de 90% (intervalo de confiança de 95%, 85,5-93,3) para pinos com base em metal e 83,9% (95% intervalo de confiança, 67,6-92,8) para os pinos de fibra. A taxa de incidência global de fraturas radiculares (falhas catastróficas) foi semelhante entre os pinos metálicos e de fibra. Pinos metálicos pré-fabricados e pinos de fibra de carbono tiveram um aumento de 2 vezes na taxa de incidência de fraturas radiculares em comparação com pinos de metal fundido e pinos de fibra de vidro, respectivamente. Os resultados deste estudo não mostraram diferenças significativas para a incidência de fraturas de raiz entre os pinos de metal e fibra. No entanto, os estudos incluídos nesta revisão apresentaram um alto risco de viés, e foi sugerido mais estudos clínicos bem desenhados para confirmar os resultados.

III - Proposição

O objetivo do presente estudo foi avaliar a influência dos diferentes protocolos de foto- polimerização sobre a resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados com cimentos experimentais contendo diferentes concentrações do sal DFI através do ensaio de resistência de união *push-out*.

IV - Metodologia

1. Manipulação dos cimentos resinosos fotopolimerizáveis experimentais

Os cimentos resinosos experimentais foram manipulados seguindo a metodologia descrita no projeto de pesquisa. Um composto base foi preparado através da mistura dos monômeros Bisfenol A Glicidil Metacrilato (Bis-GMA) e Trietilenoglicol Dimetacrilato (TEGDMA), (Esstech Inc. Essington, PA, USA), utilizados sem purificações adicionais e na proporção de 1:1 em massa. Para formulação do sistema fotoiniciador, foi adicionada à mistura supracitada a Canforoquinona (CQ) (Esstech Inc., Essington, PA, EUA) na concentração de 1 mol %, bem como a amina terciária Dimetilaminoetil benzoato (EDAB, Sigma- Aldrich) na concentração de 2 mol %. Além disso, realizando o papel de inibidor foi adicionado 0,1 % de Hidroxitolueno butilado (BHT, Sigma-Aldrich).

A este composto base formado foi então acrescentada a concentração 0,5 mol %, 1 mol% ou nenhuma concentração do sal DFI (Sigma-Aldrich), estabelecendo-se, assim, o cimento resinoso fotopolimerizável. Todos componentes foram pesados em balança analítica digital, (Modelo DV215CD OHAUS, México, D.F) com precisão de 0,01mg.

A manipulação do cimento foi realizada em ambiente com umidade controlada e com luz fluorescente amarela para evitar a interação do ambiente com o sistema iniciador. Foram adicionados 60% em peso de partículas silanizadas de vidro de bário- alumínio-silicato com diâmetro médio de 0,7 μ m (Esstech Inc., Essington, Pensilvânia, USA). Os compósitos formulados foram armazenados em frascos de vidro âmbar, isolados com fita adesiva escura e homogeneizados a partir do uso de máquina específica para mistura de substâncias SpeedMixer DAC 150.1 FVZ-K (FlackTek Inc., Landrum, SC, EUA), a qual utiliza um braço de mistura em alta velocidade em uma direção, enquanto a cesta (que abriga a mistura sob vácuo para evitar a possível formação de bolhas) gira em direção oposta. Os frascos contendo

os compósitos já preparados foram armazenados ao abrigo de luz e sob refrigeração a 4°C.

2. Seleção das raízes bovinas e preparo do conduto radicular

As mandíbulas contendo os incisivos inferiores bovinos foram compradas do Frigorífico Angelleli (R. João Pedro Corrêa, 1111, Piracicaba - SP, 13411-142). Os incisivos bovinos foram extraídos das mandíbulas, sendo selecionados sessenta dentes e armazenados em solução de água e timol 0,1% para posterior limpeza e cortes. As coroas de cada dente foram seccionadas na junção amelo-dentinária com auxílio de disco diamantado dupla-face (KG Sorensen, São Paulo, Brasil), em baixa rotação e refrigeração constante. A remoção da coroa foi realizada a fim de obter-se seguimentos de 14 mm de remanescente radicular. Foram eliminadas do estudo as raízes que se adequaram aos critérios de exclusão: raízes que apresentaram diâmetro do canal muito irregular (foram selecionadas raízes com a luz do canal o mais circular possível); raízes com grandes curvaturas e raízes com ápice radicular aberto. Os canais radiculares foram instrumentados utilizando brocas Largo #5, sendo ideal para a cimentação do pino de fibra #3 serrilhado (Reforpost - Ângelus Produtos Odontológicos, Londrina, Paraná, Brasil), até 14 mm. Após a instrumentação, os canais foram obturados utilizando-se apenas cones de *gutta-percha medium large* (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil). A desobturação foi realizada até 11 mm, necessários para a cimentação dos pinos, restando 3 mm apicais obturados com cones de *gutta-percha*. As raízes preparadas foram divididas, aleatoriamente, em 6 grupos (n = 10) e armazenadas em 100% de umidade relativa.

3. Cimentação dos pinos de fibra de vidro

Após o preparo do canal radicular das raízes, a cimentação dos pinos de fibra de vidro foi feita seguindo-se os protocolos preconizados para cada grupo (tabela 1). O cimento resinoso experimental variou entre os grupos de acordo com a

concentração do sal de DFI. Por serem fotopolimerizáveis, não necessitam de sistema adesivo de polimerização dual. Dessa forma, o sistema adesivo utilizado é composto por *primer* e *bond* apenas (Scotchbond Multipurpose, 3M ESPE, St Paul, MN, EUA). Foram avaliados dois protocolos de cimentação, descritos a seguir:

P1- Foi realizado o condicionamento do canal com ácido fosfórico 35% (Scotchbond, 3M ESPE, St. Paul, MN, EUA) durante 15 segundos, lavagem abundante por 15 segundos e secagem com cones papel absorvente; com auxílio de um *microbrush* (KG Sorensen) foi aplicado o *primer*, seguido pela aplicação do *bond* com um novo *microbrush*. Foi realizada a remoção dos excessos entre um e outro com auxílio de cones de papel absorvente. Neste momento, previamente à aplicação do cimento resinoso, foi realizada a fotoativação do sistema adesivo, por 20 segundos, com o aparelho Bluephase G2 (Ivoclar Vivadent, 29 Schaan, Liechtenstein) com irradiância de 1200 mW/cm^2 . Posteriormente à fotopolimerização do sistema adesivo, o cimento resinoso experimental (nas concentrações de 0, 0,5 mol% ou 1 mol% do sal DFI) foi retirado do frasco com uma espátula 24, devido a sua baixa viscosidade, e rapidamente foi inserido no interior do canal radicular com auxílio de uma broca lântulo (Dentsply Indústria e Comércio Ltda, Petrópolis, RJ, Brasil). Imediatamente após inserção do cimento, os pinos de fibra de vidro #3, já previamente tratados superficialmente - condicionamento ácido fosfórico a 35% por 15 segundos, lavagem abundante seguida aplicação por 1 minuto do silano (Ceramic Primer, 3M ESPE, St Paul, MN, USA) sobre sua superfície - foram centralizados e introduzidos no canal, pressionados por 10 segundos, removendo-se o excesso de cimento. Nesta etapa, a fotoativação do cimento resinoso foi realizada por 60 segundos pela região cervical, também através do aparelho de foto-ativação Bluephase G2, à uma irradiância de 1200 mW/mm^2 .

P2- Condicionamento do canal com ácido fosfórico 35% por 15 segundos, lavagem abundante por 15 segundos, secagem com cones papel absorvente; com auxílio de *microbrush* (KG Sorensen) foi aplicado o *primer*, seguido pela aplicação do *bond* com um novo *microbrush*, com o cuidado de remover os excessos entre um

e outro com auxílio de cones de papel absorvente. Não foi realizada a fotoativação neste momento. Posteriormente à aplicação do sistema adesivo, o cimento resinoso experimental (nas concentrações de 0, 0,5 mol% ou 1 mol% do sal DFI) foi retirado do frasco com uma espátula 24 e rapidamente foi inserido no interior do canal radicular com auxílio de uma broca lântulo. Imediatamente após inserção do cimento, os pinos de fibra de vidro #3 - previamente tratados superficialmente com aplicação de ácido fosfórico 35% por 1 minuto, seguido do agente silano sobre sua superfície - foram centralizados e introduzidos no canal, pressionados por 10 segundos, removendo-se o excesso de cimento. Finalmente, foi realizada a fotoativação do conjunto cimento resinoso + sistema adesivo + pino, por 60 segundos pela região cervical, através do aparelho de foto-ativação Bluephase G2.

As raízes já com os pinos cimentados foram armazenadas em frascos revestidos com fita adesiva escura (para isolamento da luz ambiente por 24 horas, a fim de que não houvesse interferência no processo de polimerização dos cimentos) e colocados em estufa a 37°C e 100% de umidade relativa.

3- Avaliação da resistência de união

Preparo das amostras para o teste *push-out*

Após o armazenamento das amostras por 24 horas em estufa a 37 °C, em 100% de umidade relativa e isolamento da luz ambiente, as raízes de cada grupo foram fixadas em placa de acrílico com cera pegajosa, de forma que o longo eixo do pino ficasse paralelo à placa de fixação. As placas foram fixadas em cortadeira metalográfica de precisão (Isomet 1000; Buehler, Lake Bluff, IL, USA), e cortes paralelos entre si e perpendiculares ao longo eixo do pino foram realizados com auxílio de um disco diamantado (Extec Corp., Enfield, CT, USA), a fim de se obter 2 fatias de, aproximadamente 1 mm de espessura, correspondendo a cada terço radicular (cervical, médio e apical), totalizando o corte de 6 fatias por raiz. Uma primeira secção, a 1,0 mm da borda cervical, foi feita e descartada em todas as

raízes, em seguida, as secções de cada terço foram realizadas (figura 1).

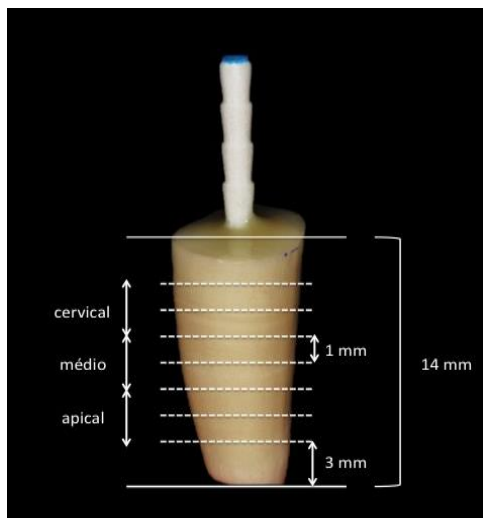


Figura 1. Esquema representando os cortes que foram realizados em cada terço do canal radicular (cervical, médio e apical). Cada fatia apresenta espessura de 1mm.

4. Ensaio *push-out*

Para realização do ensaio, inicialmente, foi feita a mensuração da espessura das fatias por um paquímetro digital e, então, as amostras foram colocadas em uma base metálica que apresenta um orifício com 3,0mm de diâmetro na região central, fixada à máquina universal de Ensaio. As amostras foram posicionadas de modo que a porção referente ao pino ficasse posicionada na mesma direção do orifício, para que a carga fosse aplicada no sentido apical-coronal até que o pino se deslocasse. Uma haste com ponta ativa de 1,0mm foi fixada à célula de carga (200 N) e posicionada sobre o centro do pino e o ensaio de *push-out* foi realizado a uma velocidade de 1 mm/min.

A máxima força de ruptura foi obtida em Newton (N), convertendo-a para MPa, dividindo a força aplicada pela área unida. Tal superfície unida corresponde à área lateral de um tronco-cone, calculada pela fórmula: $SL = \pi(R + r) [(h^2 + (R -$

$r)^2]0,5$

Onde $\pi = 3,14$, R = raio coronal, r = raio apical, h = espessura da fatia

5. Análise do padrão de fratura

A análise do padrão de fratura foi realizada com auxílio de uma lupa estereoscópica (LEICA MZ75 50X), determinando-se a seguinte classificação para os espécimes:

AD – adesiva entre dentina e cimento; AP – adesiva entre pino e cimento; M – falha mista

Após a classificação, os espécimes representativos dos tipos de fratura encontradas foram cobertos com uma camada de ouro-paládio no metalizador (Bal-Tec SCD050 Sputter Coater, São Paulo, Brasil) e observados em Microscópio Eletrônico de Varredura (Jeol, JSM 5600LV – Scanning Electron Microscope, Japão) no modo elétrons secundários, com aceleração 15kV.

II. Análise estatística

Para que atingissem a normalidade foi extraída a raiz quadrada de X dos dados, os quais foram submetidos ao teste ANOVA 3 fatores em parcelas subdivididas, e teste de Tukey ($\alpha = 0,05$).

V - Resultados

Após a análise da normalidade dos dados e homogeneidade das variâncias, o fator cimento e o fator terços foram significantes, com exceção do fator protocolo. Não houve diferença estatisticamente significativa na interação entre eles.

Foi observada redução nos valores de resistência de união com o aumento da profundidade do canal, independentemente da situação analisada. Os valores estatisticamente maiores foram para a região cervical do conduto, seguindo em ordem decrescente de valores para a região média e apical do conduto, a qual apresentou os menores valores.

Em relação ao cimento fotoativado experimental, o grupo contendo a concentração de 0,5 mol % do sal DFI apresentou os maiores valores de resistência de união. No entanto, o grupo que não continha o acréscimo do sal, e o grupo que continha a concentração de 1 mol % de DFI foram estatisticamente semelhantes entre si. Esse resultado foi demonstrado independente do fator terço ou protocolo analisado.

Quando foram comparados os dois diferentes protocolos de fotopolimerização dos cimentos e sistema adesivo, não foi possível verificar diferença estatística significativa entre eles sobre os resultados de resistência de união dos grupos. Novamente, aplica-se para todas as situações analisadas.

Tabela 1. Médias e (desvio-padrão) em MPa, da resistência de união dos pinos intrarradiculares de acordo com os grupos experimentais e terços avaliados.

	Cimentos	Terços			Média compilada	
		Cervical	Médio	Apical		
Protocolo 1*	0 mol % DFI	14,45 (9,21)	11,64 (6,65)	3,85 (2,91)	9,98 (7,97)	b
	0,5mol%DFI	20,79 (8,12)	12,45 (5,38)	7,44 (5,43)	16,12(11,02)	a
	1 mol % DFI	23,21 (7,98)	16,70 (11,23)	8,44 (8,92)	15,66 (5,01)	b
Protocolo 2*	0 mol % DFI	21,35 (9,95)	16,49 (9,31)	8,93 (6,06)	13,56 (8,3)	b
	0,5mol%DFI	12,48 (5,24)	6,76 (2,70)	3,78 (1,64)	15,59 (9,80)	a
	1 mol % DFI	14,47 (4,45)	9,16 (2,14)	4,16 (3,43)	9,26 (5,44)	b
	Média compilada	17,79 (8,50) A	12,20 (7,66) B	6,10 (5,54) C		

Médias seguidas por letras distintas (maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical) diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$). O símbolo (*) representa ausência de diferença estatística.

De acordo com a figura 2, é possível constatar que para todos os grupos, independentemente do terço estudado, houve poucas ou nenhuma fratura do tipo AP (adesiva entre pino e cimento). Para o terço cervical a maioria das fraturas encontradas foram do tipo AD (adesiva entre cimento e dentina), exceto para o grupo 0mol% DFI – P2, o qual apresentou maior parte das fraturas do tipo M (mista), e grupo 1mol% DFI – P2, em que as fraturas do tipo AD superaram em pouco o tipo de fratura M. Para o terço médio, a maioria das fraturas encontradas também foram do tipo AD, com ressalva dos grupos 0mol% DFI – P1 e 0mol% DFI – P2, os quais apresentaram maioria das fraturas do tipo M. Já para o terço apical, novamente a maioria das fraturas foram do tipo AD, sendo exceção o grupo 0mol% DFI – P1, o qual manteve em equilíbrio a quantidade de fraturas AD e M, com mínimo de fraturas AP, e o grupo 0mol% DFI – P2, que apresentou maioria das fraturas do tipo M. As imagens em MEV representadas pela figura 3, elucidam cada tipo de fratura ocorrida.

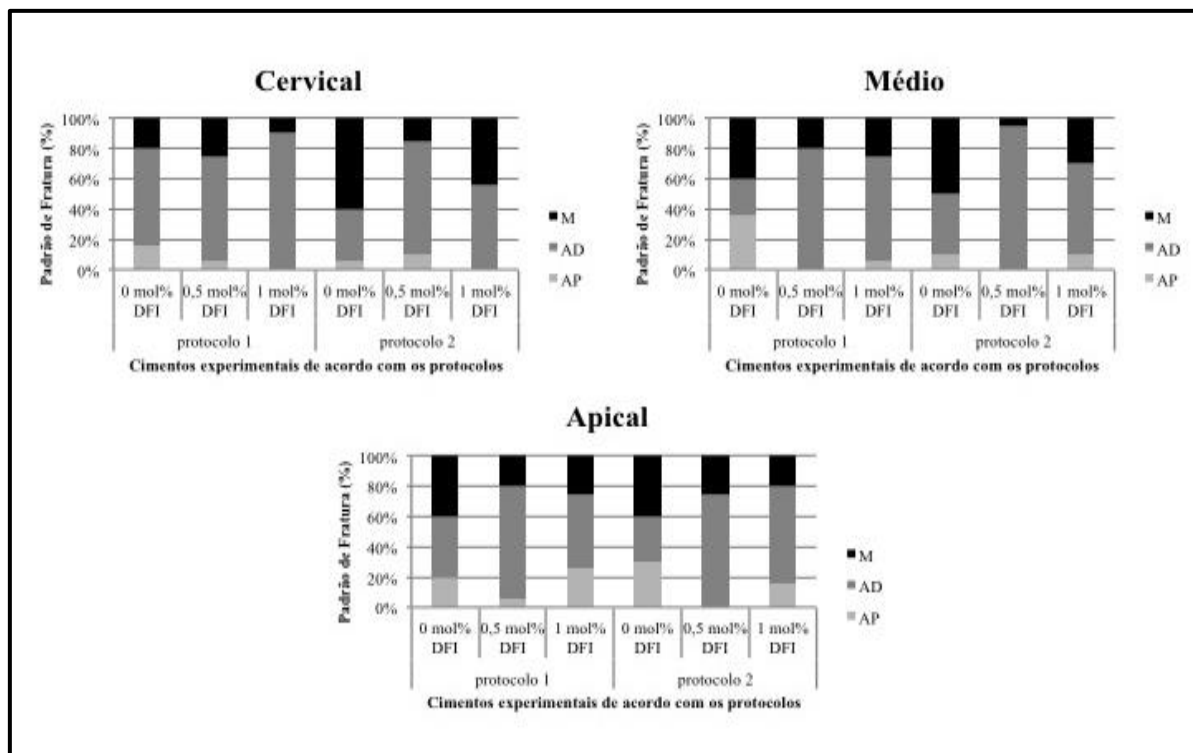


Figura 2. Representação gráfica da distribuição do padrão de fratura (%) em função dos grupos experimentais e terços avaliados.

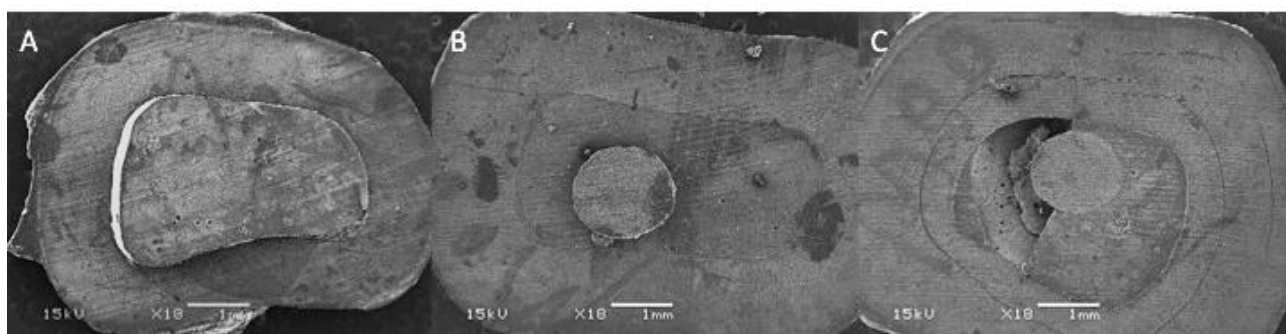


Figure 3. Imagens em MEV representam cada tipo de fratura. Imagem A- fratura adesiva entre dentina e cimento (AD); Imagem B - fratura adesiva entre pino e cimento (AP); Imagem C- fratura mista (M).

VI - Discussão

A primeira hipótese do presente estudo, em que o sistema fotoiniciador ternário contendo sal de ônio melhoraria a resistência de união dos cimentos experimentais fotoativados, foi parcialmente aceita. Observando-se a tabela de resultados, é possível verificar que a resistência de união dos cimentos experimentais fotoativados aumentou significativamente com o acréscimo da concentração de 0,5 mol % do sal DFI, independente da região do conduto radicular, ou protocolo de polimerização utilizado. Estudos feitos recentemente já comprovaram o bom desempenho do sal de ônio em promover melhor reação de polimerização dos metacrilatos e melhores resultados de propriedades mecânicas (Gonçalves L, et al., 2013; Ogliari FA, et al., 2007; Kukiattrakoon B, et al., 2007). O DFI reage com a CQ excitada após a reação com a luz azul da unidade fotoativadora, produzindo um estado tríplex que gera um radical ativo fenil, eficaz em iniciar a reação de polimerização dos monômeros. Simultaneamente, outro caminho pelo qual a polimerização também ocorre, é através da interação dos radicais livres produzidos pela reação entre CQ e amina terciária com o DFI quebrando a ligação C-I, o que libera novo radical fenil ativo que pode, posteriormente, reagir com aminas residuais abstraindo um próton gerando um novo radical livre amina (Ogliari FA, et al., 2007). Portanto, como já demonstrado anteriormente, a melhora no desempenho da resistência de união do cimento contendo 0,5 mol % de DFI pode ser explicada baseada na melhor polimerização que promove um polímero com propriedades mecânicas superiores ao que não contém DFI (Gonçalves LS, et al., 2013).

Apesar disso, os grupos em que o cimento teve o acréscimo de 1 mol % obtiveram resultado de resistência de união estatisticamente semelhante aos grupos que não tiveram o acréscimo de DFI. Isso pode ser explicado pelo fato de que uma quantidade aumentada de sal presente no cimento gera grande quantidade de radicais livres, que podem fazer com que a reação de polimerização termine precocemente, prejudicando as propriedades físicas do polímero formado, como já demonstrado em outro estudo (Gonçalves LS, et al., 2013).

A segunda hipótese deste estudo de que a polimerização do sistema adesivo concomitantemente com o cimento resinoso experimental melhoraria a resistência de união foi rejeitada. Pode-se notar que não houve diferença sobre os resultados de resistência de união dos pinos, para todos os grupos quando o protocolo de polimerização foi variado. Apesar de não haver na literatura nenhum estudo que compare esses dois tipos de protocolos, especula-se que da mesma maneira como ocorreu com o acréscimo de maior concentração do sal DFI no cimento experimental, a polimerização concomitante do sistema adesivo com o cimento resinoso produz grande quantidade de radicais livres, os quais terminam a reação de polimerização precocemente, fazendo com que as ligações insaturadas dos carbonos logo quebrem tornando-se insaturadas. O endurecimento do material não permite mais que a reação de polimerização continue através dos radicais livres e monômeros residuais.

O desempenho inferior de pinos de fibra de vidro na região apical é bem conhecido na literatura (Farina AP., et al., 2011; Machado FW., et al., 2015), ratificando os achados deste estudo, devido à baixa quantidade de energia que consegue alcançar essa região. Claramente, nota-se na tabela 2 a diminuição da resistência de união com o aumento da profundidade do canal, independente do cimento ou protocolo utilizado. Além disso, quando avaliamos os gráficos sobre o padrão de fratura dos espécime, é possível notar, em todos os terços, a maioria das fraturas do tipo adesiva entre dentina e cimento (AD). Esse resultado pode ser explicado por fatos que vão além do grau de conversão do cimento, tais como: densidade de túbulos dentinários nas diferentes regiões do canal radicular (Ferrari M., et al., 2000); alto fator-C e, conseqüentemente, aumento da tensão de polimerização (Tay FR, et al., 2005).

Desta forma, fica evidente através deste estudo que o aumento na reatividade do sistema fotoiniciador de cimentos resinosos, até mesmo de sistemas adesivos, melhora significativamente os resultados de resistência de união de pinos de fibra de vidro fixados com cimentos resinosos experimentais fotoativados. A principal

vantagem seria o maior tempo clínico e melhor controle da técnica de cimentação por parte do operador. A utilização de cimentos fotoativados facilita a inserção do pino no interior do canal, passível de correções de posicionamento, remoção de excessos, além da maior estabilidade de cor (Rosenstiel SF, et al., 1998).

VII - Conclusão

A partir dos resultados obtidos é possível concluir que:

- 1- A retenção de pinos de fibra de vidro fixados com cimento experimental fotoativado contendo sal DFI foi melhor do que com cimento experimental que não continha o acréscimo do sal.
- 2- A concentração de 0,5 mol % do sal DFI apresentou melhor desempenho que a concentração de 1 mol % DFI, a qual foi semelhante estatisticamente ao cimento que não continha o sal.
- 3- Os diferentes protocolos de polimerização não influenciaram a resistência de união dos pinos de fibra de vidro.
- 4- A região apical demonstrou os valores mais baixos de resistência de união.

VIII - Referências Bibliográficas

1. Caughman WF, Rueggeberg FA, Curtis JW Jr. Clinical guidelines for photocuring restorative resins. J Am DentAssoc. 1995; 126-9:1280-1286.
2. Halvorson RH, Erickson RL, Davidson CL. Energy dependent polymerization of resin- based composite. Dent Mater 2002;18:463-469.
3. Aksornmuang JL, Nakajima M, Foxton RM, Tagami J. Mechanical properties and bond strength of dual-cure resin composites to root canal dentin. Dental Materials 2006;23:226-34
4. Bitter K, Kielbassa AM. Post-endodontic restorations with adhesively luted fiber- reinforced composite post systems: a review. Am J Dent. 2007; 20(6):353-60.
5. Braga RR, César PF, Gonzaga CC. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. J Oral Rehabil 2002; 29:257-66
6. Brandt WC, Schneider LF, Frollini E, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MA. Effect of different photo-initiators and light curing units on degree of conversion of composites. Braz Oral Res 2010; 24(3):263-70.
7. Crivello JV, Lam JHW. Diaryliodonium Salts. A New Class of Photoinitiators for Cationic Polymerization. Macromolecules. 1977; 10(6): 1307-1315.
8. Farina AP, Cecchin D, Garcia Lda F, Naves LZ, Sobrinho LC, Pires-de-Souza FdeC. Bond strength of fiber posts in different root thirds using cement. J Adhes Dent. 2011; 13(2);179-86.
9. Ferracane JL. Hygroscopic and hydrolytic effects in dental polymer networks. Dent Mater. 2006; 22(3): 211-22.
10. Ferrari M, Manocci F, Vichi A, Cagidiaco MC. Bonding to root canal: structural characteristics of the substrate. Am J Dent 2000; 13: 255-60.
11. Figueira FE, Martins-Filho PR, Faria-e-Silva AL. Do Metal Post-retained Restorations Result in More Root Fractures than Fiber Post-retained Restorations? A Systematic Review and Meta-analysis. J Endod. 2015 Mar;41(3):309-316.

12. Foxton RM, Nakajima M, Tagami J, Miura H. Bonding of photo and dual-cure adhesives to root canal dentin. *Oper Dent*. 2003; 28(5):543-51.
13. Gomes GM, Gomes OM, Reis A, Gomes JC, Loguercio AD, Calixto AL. Effect of operator experience on the outcome of fiber post cementation with different resin cements. *Oper Dent*. 2013; 38(5):555-64.
14. Gonçalves LS, Moraes RR, Ogliari FA, Boaro L, Braga RR, Consani S. Improved polymerization efficiency of methacrylate-based cements containing an iodonium salt. *Dent Mater*. 2013;29(12):1251-5
15. Komori PC, de Paula AB, Martin AA, Tango RN, Sinhoreti MA,Correr-Sobrinho L. Effect of light energy density on conversion degree and hardness of dual-cured resin cement. *Oper Dent*. 2010; 35(1): 120-4.
16. Leite TV, Resistência de união regional de pinos de fibra de vidro fixados com cimento resinoso experimental contendo sal de ônio e diferentes aminas terciárias. Dissertação (mestrado em Materiais Dentários) 2013- Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Piracicaba, SP.
17. Ogliari FA, Ely C, Petzhold CL, Demarco FF,Piva E. Onium salt improves the polymerization kinetics in an experimental dental adhesive resin. *J Dent*. 2007; 35(7): 583-7.
18. Rosenstiel SF, Land MF,Crispin BJ. Dental luting agents: A review of the current literature. *J Prosthet Dent*. 1998; 80(3): 280-301.
19. Tay FR, Loushine RJ, Lambrechts P, Weller RN, Pashley DH, Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach, *J. Endod*. 31 (2005) 584–589.
20. Uctasli S, Hasanreisoglu U, Wilson HJ. The attenuation of radiation by porcelain and its effect on polymerization of resin cements. *J Oral Rehabil* 1994;21:565- 575.

VISUALIZAÇÃO DE DESPACHO

Processo	2015/12325-7
Linha de Fomento	Programas Regulares / Bolsas / No País / Iniciação Científica - Fluxo Contínuo
Situação	Encerrado
Vigência	01/08/2015 a 31/07/2016
Beneficiário	André Cardoso Andrade de Melo
Responsável	Giselle Maria Marchi Baron
Vínculo Institucional do Processo	Faculdade de Odontologia de Piracicaba/FOP/UNICAMP

Folha de Despacho

Datas do Despacho

Emitido em : 09/09/2016

Objetos de análise

Objeto de análise	Data de Submissão	Resultado
Relatório Científico 2	23/08/2016	Aprovado

Observações / Transcrições / Frases

Observações ao Beneficiário

Comunicamos que o Relatório Científico relativo ao processo acima referido foi analisado pela assessoria científica da FAPESP.

A transcrição do parecer está sendo enviada exclusivamente ao orientador, sendo de sua responsabilidade compartilhar as partes que considerar relevantes com o bolsista, o qual receberá uma cópia desta mensagem.

Para visualizar o despacho, por favor, acesse o Sistema SAGe (www.fapesp.br/sage), clique no menu Processos/Meus Processos e em Mais Informações/Despachos.

Atenciosamente,

Carlos Henrique de Brito Cruz
Diretor Científico da FAPESP

Frases para o Beneficiário

Não há frases associadas.

Transcrição de Parecer para o Beneficiário

Não há transcrição associada.

Frases para Termo de Outorga

Não há frases associadas.

Relatório Científico 2 (Aprovado)

Compromisso	10/08/2016
Período Relacionado	10/01/2016 a 31/07/2016
Situação	Atendido