



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

RODRIGO APARECIDO FLAUSINO PERON

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO DE UMA RESINA
EM RELAÇÃO À LUZ TRANSMITIDA POR UM SISTEMA DE
PINO PRÉ-FABRICADO EM FIBRA DE VIDRO
TRANSLÚCIDO**

RODRIGO APARECIDO FLAUSINO PERON

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO DE UMA RESINA
EM RELAÇÃO À LUZ TRANSMITIDA POR UM SISTEMA DE
PINO PRÉ-FABRICADO DE FIBRA DE VIDRO
TRANSLÚCIDO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao
Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu*
em Odontologia, Mestrado Acadêmico - Área
de Concentração em Clínica Odontológica, da
Universidade Estadual de Londrina.

Orientador: Prof. Dr. Hedelson Odenir lecher
Borges

Londrina
2012

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação -na-Publicação (CIP)

P453a Peron, Rodrigo Aparecido Flausino.
Avaliação do grau de conversão de uma resina em relação à luz transmitida
por um sistema de pino pré-fabricado de fibra de vidro translúcido / Rodrigo
Aparecido Flausino Peron. – Londrina, 2012.
59 f. : il.

Orientador: Hedelson Odenir Iecher Borges.
Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em
Odontologia, 2012.

Inclui bibliografia.

1. Implantes dentários – Teses. 2. Resinas compostas – Teses. 3. Luz
halógena (Odontologia) – Teses. 4. Pinos dentários – Teses. I. Borges, Hedelson
Odenir Iecher. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da
Saúde. Programa de Pós-Graduação em Odontologia. III. Título.

CDU 616.314-089.843

RODRIGO APARECIDO FLAUSINO PERON

**AVALIAÇÃO DO GRAU DE CONVERSÃO DE UMA RESINA EM RELAÇÃO
À LUZ TRANSMITIDA POR UM SISTEMA DE PINO PRÉ-FABRICADO DE
FIBRA DE VIDRO TRANSLÚCIDO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Strictu Sensu* em Odontologia, Mestrado Acadêmico – Área de Concentração em Clínica Odontológica, da Universidade Estadual de Londrina.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Hedelson Odenir Iecher Borges
UEL - Londrina – PR

Prof.^a Dr.^a Cássia Cilene Dezan Garbelini
UEL - Londrina - PR

Prof. Dr. Murilo Baena Lopes
UNOPAR – Londrina – PR

Londrina, 17 de dezembro de 2012.

DEDICATÓRIA

Ao Deus Pai, Deus Filho e Deus Espírito Santo, por serem a razão do meu viver, me perdoarem todas as vezes que falhei, e me amar apesar de qualquer circunstância.

A minha mãe, por dar seu sangue pra que minha vida seja um pedacinho do céu.

AGRADECIMENTO

A Deus, por me acolher em seus braços todos os dias.

A minha família por me apoiar incondicionalmente.

A Universidade Estadual de Londrina, na pessoa da Coordenação da Pós-Graduação, Mestrado em Odontologia, **Professora Dr.^a Cássia Dezan Garbelini**.

A todos os Professores do Programa de Pós-graduação, Mestrado em Odontologia, da Universidade Estadual de Londrina, **Professor Dr. Antonio Ferelle, Professor Dr. Carlos Alberto Spironelli Ramos, Professora Dra. Cássia Dezan Garbelini, Professor Dr. Edwin Fernando Ruiz Contreras, Professora Dra. Elisa Emi Tanaka, Professor Dr. Fabio Augusto Ito, Professor Dr. Glaykon Alex Vitti Stabille, Professor Dr. Hedelson Odenir Lecher Borges, Professor Dr. Márcio Grama Hoepner, Professora Dra. Maria Celeste Morita e Professor Dr. Wilson Trevisan Júnior** por terem me recebido tão bem e pelos ensinamentos.

A **CAPES**, pelo apoio financeiro e pelas oportunidades de conclusão deste curso.

Ao **Professor Dr. Márcio Grama Hoepner** pelas oportunidades que me dera para sempre aprender mais, pelas orientações à realização deste trabalho e pelo belo exemplo de grande pesquisador e professor que é.

Ao meu orientador, **Professor Dr. Hedelson Odenir lecher Borges** pela paciência e compreensão nas horas mais necessárias.

A **Professora Dr.^a Cássia Dezan Garbelini** pelo apoio, incentivo, oportunidades, compreensão, e por tudo de melhor que transmitiu pra mim.

A **Professora Dr.^a Raquel Sano Suga Terada** pelas palavras certas na hora que eu mais precisei.

Ao Laboratório de Fluorescência e Ressonância Paramagnética de Elétrons, na pessoa do **Professor Dr. Eduardo Di Mauro**.

Ao meu professor de física, doutorando desta universidade, colaborador deste trabalho e também, amigo, **Bruno Santana Vicentin**.

Ao Complexo Habitacional Iamboca 47%, e seus representantes: **Thiago Henrique Martins, Ricardo Kenji Miyahira e Renan Furlan**, por me darem o orgulho de chama-los de amigos.

A **Ohana**.

A todos que dividiram minha dor, e motivaram minha alegria.

A **TODOS** *amigos* e *colegas* que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

MUITO OBRIGADO!

Clama a mim, e responder-te-ei e anunciar-te-ei coisas grandes e firmes que não sabes.

Jeremias 33:3 – *Bíblia Sagrada*

PERON, Rodrigo Aparecido Flausino Peron. **Avaliação do grau de conversão de uma resina em relação à luz transmitida por um sistema de pino pré-fabricado de fibra de vidro translúcido.** 2012. 58f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2012.

RESUMO

O objetivo do presente estudo foi avaliar qualitativamente *in vitro*, o grau de conversão de uma resina composta em relação a luz emitida por um aparelho de luz halógena e transmitida por um sistema de pino pré-fabricado translúcido de fibra de vidro, em diferentes comprimentos, bem como a validade da metodologia empregada. Para esse estudo foram preparadas 15 amostras cilíndricas de resina composta fotopolimerizável, e estas divididas em 5 grupos (n=3). No grupo controle (C+) estas foram irradiadas diretamente com um aparelho fotopolimerizador a uma distância desprezível. Como controle negativo, não houve fotopolimerização. Também foram utilizados 3 pinos pré-fabricados translúcidos de fibra de vidro (WhitePost DC – FGM), seccionados a 4, 6 e 8 milímetros de distância da sua porção coronal, compondo assim os três grupos experimentais, cuja polimerização da amostra se deu, transmitindo a luz através dos pinos. As amostras então foram submetidas a análise por meio de um espectrômetro de RPE da marca JEOL (JES-PE-3X), tendo a amostra sido irradiada por 2 minutos (t=2) sob a potência de 1 mW, com o campo magnético sendo varrido da faixa de (3420 + 250)G. Em seguida, os dados foram colhidos e elaborados gráficos para analisar a intensidade dos radicais livres gerados, para então se realizar uma análise qualitativa. De acordo com os gráficos, há uma diferença de intensidade entre os grupos controle, e entre estes e os experimentais. Em relação aos pinos, o grupo com o pino de 8mm apresentou a menor intensidade de sinal, já entre os grupos de 4 e 6mm não se observou diferença. Dentro das limitações deste estudo, se pode chegar à conclusão que há um decaimento no grau de conversão do compósito estudado em função do aumento no comprimento do pino de fibra de vidro e que a metodologia empregada é válida para a análise experimental do grau de conversão de um compósito odontológico.

Palavras-chave: Pinos de fibra. Resina composta. Grau de conversão.

PERON, Rodrigo Aparecido Flausino. **Evaluation of the conversion degree of a resin related to light transmitted by a system of prefabricated translucent fiberglass post.** 2012. 58f. Dissertação (Mestrado em Odontologia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2012.

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate in vitro, the conversion degree of a composite resin related to light emitted from a halogen light unit and transmitted by a system of prefabricated translucent fiberglass post in different lengths, and the validity of the methodology employed. For this study were prepared 15 samples of cylindrical photopolymerizable composite resin, and these divided into 5 groups (n = 3). In the control group (C +) they were irradiated directly with a curing light to a negligible distance. As a negative control no photopolymerization. Were used also three prefabricated translucent glass fiber (DC WhitePost - FGM), sectioned at 4, 6 and 8 mm away from its coronal portion, thus composing the three experimental groups whose polymerization sample was made by passing light through pins. The samples were then subjected to analysis by the EPR spectrometer JEOL mark (JES-PE-3X), and the sample was irradiated for 2 minutes (t = 2) under the power of 1 mW, with the magnetic field being swept band (3420 + 250) G. Then, data were harvested and prepared for analyzing the intensity graphs of free radicals generated, and then performing a qualitative analysis. According to the graphs, there is a difference in intensity between the control groups, and between these and the experimental. Regarding the pins, the group with the pin 8mm showed the lowest signal intensity, as between groups of 4 and 6mm no difference was observed. Within the limitations of this study, one can come to the conclusion that there is a decay in the degree of conversion of the composite studied as a function of the increase in length of the glass fiber pin and that the methodology is valid for the experimental analysis of the conversion degree a composite dental.

Key Words: Fiber Post. Composite Resin. Conversion degree

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Pinos intra-radulares pré-fabricados	14
2.2 Pinos de fibra de vidro	15
2.3 Métodos para avaliação do grau de conversão dos materiais resinosos	20
3 PROPOSIÇÃO	26
4 MATERIAL E MÉTODO	28
4.1 Pinos intrarradiculares	29
4.2 Compósito	29
4.3 Aparelho fotopolimerizador	30
4.4 Grupos experimentais	30
4.5 Obtenção dos corpos-de-prova	30
4.6 Análise experimental	36
5 RESULTADOS	39
6 DISCUSSÃO	45
6.1 Discussão da metodologia	46
6.2 Discussão dos resultados	49
7 CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

Independente da sua natureza, os pinos intrarradiculares estão indicados quando da realização de restaurações em dentes tratados endodonticamente para auxiliar na retenção do material restaurador (HEYDECKE, G.; PETERS, M. C. 2002; FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; CAGIDIACO, M. C. et al. 2008; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010; FARIA, A. C. L. et al. 2011; SOARES, C. J. et al. 2012). Entretanto, devido as suas propriedades estéticas; módulo de elasticidade semelhante a dentina, fato que gera menor stress e reduz o risco de fratura radicular; a possibilidade de adesão ao substrato dentinário do canal radicular e ao material restaurador; baixo custo e ausência de corrosão, atualmente os pinos pré-fabricados de fibra de vidro são os mais indicados em detrimento aos pinos confeccionados com material metálico (ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A; HEITMANN, T. 1999; AKKAYAN, B.; GÜLMEZ, T. 2002; FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; QUALTROUGH, A. J. E.; CHANDLER, N. P.; PURTON, D. G. 2003; GRANDINI, S. et al. 2005; CAGIDIACO, M. C. et al. 2008; THEODOSOPOULOU, J. N.; CHOCHLIDAKIS, K. M. 2009; FARIA, A. C. L. et al 2011; SOARES, C. J. et al. 2012).

No que se refere à longevidade clínica dos procedimentos restauradores diretos e indiretos que utilizam pino intraradicular de fibra de vidro, a técnica de cimentação ainda é um desafio, devido às características histológicas da dentina radicular, a capacidade de difusão dentinária dos sistemas adesivos, a extensão e configuração do canal radicular (MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010).

Embora a cimentação dos pinos de fibra de vidro seja passiva e a retenção se dê de forma adesiva e também friccional (PIRANI, C. et al. 2005; GORACCI, C. et al. 2007; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010), muito se questiona qual o melhor sistema adesivo e cimento resinoso que deva ser empregado (BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. 2002; BOSCHIAN PEST, L. et al. 2002; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010; GOMES, G. M. et al. 2011; CALIXTO, L. R. et al. 2012). Assim, embora cimentos resinosos de polimerização física, química ou dual estejam

indicados, os que dependem da presença da luz para sua completa conversão esbarram inicialmente na utilização de um aparelho fotopolimerizador com potência de luz adequada e, na sequência, na capacidade do pino em transmitir a luz à região do terço médio e apical do canal radicular. E, caso o grau de conversão não atinja valores satisfatórios, os monômeros não convertidos afetarão as propriedades mecânicas dos materiais resinosos, ou seja, o sucesso do procedimento restaurador (BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. 2002; BOUILLAGUET, S. et al 2003; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; GALHANO, G. A. et al. 2008; CALIXTO, L. R. et al. 2012).

Nesse contexto, a translucidez e disposição das fibras dão aos pinos de fibra de vidro a capacidade de condutividade da luz e, dessa forma, a polimerização do cimento em toda a extensão do canal radicular (LUI, J.L. 1994; LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; ROBERTS, H. W. et al. 2004; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; CEBALLOS, L. et al. 2007; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; GALHANO, G. A. et al. 2008; MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008; SHADMAN, N. et al. 2012). Resta, entretanto, saber o quanto de luz se propaga e se a potência transmitida ao longo de toda a extensão do pino é, de fato, suficiente para adequada conversão do cimento resinoso, fato esse que justifica a realização desse experimento. Tendo em vista que a técnica adotada neste estudo foi a Ressonância Paramagnética Eletrônica, que fornece o grau de conversão do cimento por meio da concentração de radicais livres na amostra.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pinos intrarradiculares pré-fabricados

A restauração anátomo-funcional e, às vezes, estética de dentes tratados endodonticamente representa, ainda hoje, um desafio na prática do cirurgião-dentista. E, embora a literatura correlata afirme que a função dos pinos intrarradiculares é a de auxiliar na retenção do material restaurador e, por consequência, favorecer a reconstrução coronária, muitos profissionais ainda encontram dificuldades em decidir pela sua utilização ou não (AKKAYAN, B.; GÜLMEZ, T. 2002.).

Em relação à classificação (tipos), didaticamente podemos dividir os pinos intrarradiculares em pré-fabricados ou não, metálicos e não metálicos. Sendo os não metálicos divididos em rígidos ou flexíveis, e estéticos ou não estéticos (FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; THEODOSOPOULOU, J. N.; CHOCHLIDAKIS, K. M. 2009). Tradicionalmente, os mais utilizados foram os pinos metálicos fundidos, considerado um sistema de retenção não pré-fabricado (HEYDECKE, G.; PETERS, M. C. 2002; NUNES, T. et al. 2009). Porém, considerando a suas desvantagens como: 1) a necessidade da etapa laboratorial para a sua confecção; 2) elevada rigidez quando comparada a da dentina; 3) a necessidade de desgaste dental para eliminar áreas retentivas e, assim, permitir a cópia do canal radicular e câmara pulpar, o que pode comprometer a resistência final do remanescente dental, e 4) corrosão, dependendo do tipo de liga com que é confeccionado (HEYDECKE, G.; PETERS, M. C. 2002; FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; QUALTROUGH, A. J. E.; CHANDLER, N. P.; PURTON, D. G. 2003; GRANDINI, S. et al. 2005; PLOTINO, G. et al. 2007), somado ao surgimento e evolução dos materiais restauradores adesivos, que permitiu a prática de uma odontologia mais conservadora, rápida e resolutiva num menor tempo clínico, surgiram os pinos intrarradiculares pré-fabricados.

Dentre os pré-fabricados, os pinos metálicos, na sua maioria de aço inoxidável ou titânio, foram os primeiros disponibilizados no mercado odontológico e, ainda hoje, são empregados devido a algumas de suas excelentes propriedades mecânicas (THEODOSOPOULOU, J. N.; CHOCHLIDAKIS, K. M. 2009; SOARES, C.

J. et al. 2012.). Os sistemas metálicos intrarradiculares de retenção tem como vantagem a radiopacidade e a possibilidade do emprego da técnica de cimentação convencional, quer seja com cimento de fosfato de zinco ou cimento de ionômero de vidro convencional (PEGORARO, T. A; DA SILVA, N. R. F. A; CARVALHO, R. M. 2007). Por sua vez, a falta de estética é um fator que pode limitar a sua indicação, dependendo da capacidade de opacificação do material restaurador empregado. Para suprir esse problema, surgiram os pinos pré-fabricados estéticos rígidos, cerâmicos ou de óxido de zircônia. Entretanto, o alto módulo de elasticidade desses sistemas, que lhes confere alta rigidez, ainda representava um problema a ser superado, pois pode induzir a fratura radicular (ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A; HEITMANN, T. 1999; ERASLAN, O. et al 2009; ÖZKURT, Z.; ISERI, U.; KAZAZOGLU, E. 2010). Além disso, a adesão dos pinos cerâmicos, às paredes internas do canal radicular, é um processo difícil de obter (MANNOCCI, F.; FERRARI, M.; WATSON, T. F. 1999).

Dentro desse contexto, surgiram os pinos pré-fabricados estéticos flexíveis, constituídos de fibra de carbono ou fibra de vidro envoltas numa matriz resinosa. Atualmente esses sistemas são muito utilizados devido as suas propriedades físicas e mecânicas, adesividade ao substrato dentinário do canal radicular e ao material restaurador, ausência de corrosão, facilidade de uso numa única sessão e baixo custo, pois não necessita de etapa laboratorial (PONTIUS, O.; HUTTER, J.W. 2002; FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; GRANDINI, S. et al. 2005; MAZARO, J.V.Q. et al. 2006; PLOTINO, G. et al. 2007; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010).

Relevando o objetivo desse estudo, bem como o tipo de pino intraradicular utilizado no experimento, a partir desse momento abordaremos apenas os pinos pré-fabricados de fibra de vidro. Embora, com base nos trabalhos consultados, possamos também referenciar os demais tipos de pinos quando a comparação for necessária.

2.2 Pinos de fibra de vidro

Em 1990 surgiram os pinos pré-fabricados flexíveis de resina epóxica reforçados por fibra de carbono (BATEMAN, G.; RICKETTS, D. N. J.; SAUNDERS, W. P. 2003.). Entretanto, por razão estética, devido a sua cor escura, esses pinos foram evitados para a retenção de restaurações diretas em resina composta e restaurações adesivas indiretas do tipo metal-free. A solução veio com o surgimento dos pinos de fibra de quartzo e de vidro, cujas fibras apresentaram cor e translucidez semelhantes as do dente, além de radiopacidade ao exame radiográfico (ZAMBONI, S.R.O.C. 2010).

A partir de então, devido a(o): 1) módulo de elasticidade, semelhante ao da dentina, que não o torna um material rígido e, assim, pouco capaz de induzir a fratura radicular (PLOTINO, G. et al. 2007); 2) relevância estética, que o indica para procedimentos restauradores diretos, com resina composta, ou indiretos, com metal, cerâmica ou metal/cerâmica (FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; MAZARO, J.V.Q. et al. 2006); 3) adesividade as paredes do canal radicular e aos diferentes materiais restauradores, que pode contribuir para o aumento do sua retenção no canal radicular (MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010); 4) versatilidade de configuração (desenho), que o indica para canais com diferentes diâmetros (FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; MAZARO, J.V.Q. et al. 2006); 5) reversibilidade, ou seja, facilidade de remoção quando necessário (PONTIUS, O.; HUTTER, J.W. 2002; FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003); 6) resistência à corrosão (FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003); 7) baixo custo, pois dispensa fase laboratorial e o preparo do canal e a cimentação são realizados na mesma sessão clínica; e 8) conservação da estrutura dental, com preparo do canal radicular menos invasivo (GRANDINI, S. et al. 2005), os pinos pré-fabricados de fibra de vidro podem e devem ser uma opção no tratamento de dentes tratados endodonticamente, quer seja para profissionais inseridos em clínica privada ou no serviço público, como também, para graduandos de Odontologia. Isso por que o perfil do profissional inserido no mercado de trabalho exige, além da competência e habilidades técnicas, a capacidade de planejar e executar procedimentos resolutivos de forma simplificada, rápida, a um custo mais acessível à comunidade e eficientes

(RIBEIRO, J.P.F. 2004). Sendo a eficácia e versatilidade do pino comprovadas em diferentes trabalhos laboratoriais e clínicos (AKKAYAN, B.; GÜLMEZ, T. 2002; MONTICELLI, F.; GRANDINI, S. 2003; CAGIDIACO, M. C. et al. 2008; SOARES, C. J. et al. 2012).

Para a restauração de dentes tratados endodonticamente a seleção de qual pino cimentar no canal radicular depende de alguns fatores, como: 1) comprimento, anatomia e dimensão méso-distal e vestibulo-lingual radicular; 2) diâmetro, desenho (configuração), característica de superfície e tipo de material do pino; 3) qualidade e quantidade de remanescente dental; 4) oclusão do paciente e direcionamento das forças que incidem sobre o dente a ser restaurado; 5) tipo de material restaurador selecionado no preenchimento coronário; 6) técnica de cimentação e tipo de cimento utilizado; 7) adesão ou embricamento ao material de cimentação e ao material de preenchimento coronário; 8) reversibilidade, e 9) estética (FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; MAZARO, J.V.Q. et al. 2006; SOARES, C. J. et al. 2012).

Em relação aos pinos de fibra de vidro, os fabricantes disponibilizam retentores intrarradiculares de diferentes diâmetros, desenhos (cônico, cilíndrico paralelo, cilíndrico com dois estágios e cilíndrico com extremidade cônica), e características de superfície (liso e serrilhado), o que diversifica a sua indicação clínica para dentes anteriores ou posteriores, com uma ou mais raízes. Para esse tipo de pino, muito se discute a relação que há entre longevidade do tratamento restaurador realizado e a técnica de cimentação empregada (FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003). Assim, embora o cimento de fosfato de zinco seja o mais consagrado e referenciado, vale lembrar que, quando da sua utilização na técnica convencional, a retenção do pino é apenas mecânica friccional, para qualquer tipo de pino intrarradicular. Porém, a composição química dos pinos de fibra de vidro é compatível ao monômero BIS-GMA (bisfenol glicidil metacrilato), presente na maioria dos materiais resinosos, o que permite a sua adesão à estrutura dental e ao material restaurador, e, dessa forma, melhora significativamente o prognóstico do dente restaurado (BOSCHIAN PEST, L. et al. 2002; FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. 2003; MAZARO, J.V.Q. et al. 2006; GORACCI, C. et al. 2007).

Não existe um cimento ideal, que possa ser indicado para a cimentação de todo e qualquer pino intrarradicular. Em se tratando de cimentação adesiva, embora seja um consenso de que utilização de um cimento com propriedades mecânicas adequadas seja necessário à retenção dos pinos de fibra de vidro, o protocolo clínico é diversificado e depende do tipo, da composição, da natureza e do mecanismo de adesão do cimento resinoso utilizado (PEGORARO, T. A.; DA SILVA, N. R. F. A.; CARVALHO, R. M. 2007; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010). A retenção proporcionada pela técnica adesiva depende da interação entre: 1) o sistema adesivo e a dentina radicular; 2) o sistema adesivo e o cimento resinoso, e 3) o cimento resinoso e a superfície do pino. (CARVALHO, R.M. 2004)

Por sua vez, o método empregado na biomecânica dos canais; o tipo de substância irrigadora utilizada; a composição do cimento obturador selecionado; as características histológicas da dentina (distribuição dos túbulos dentinários e espessura da *smear layer* sobre a dentina radicular); o controle da umidade e a dificuldade de acesso no interior do canal; o tipo e o mecanismo de ação do agente condicionador dentinário aplicado; a dificuldade de polimerização do sistema adesivo e/ou do cimento resinoso selecionados; somado a tensão resultante da contração de polimerização do cimento resinoso, devido a configuração do canal radicular (fator C), podem, de alguma forma, comprometer na qualidade adesiva entre o sistema adesivo, o cimento resinoso e o pino de fibra de vidro (PASHLEY, D.H. 1991; MORRIS, M. D. et al. 2001; BOUILLAGUET, S. et al 2003; PIRANI, C. et al. 2005; TAY, F. R. et al. 2005). Para minimizar a influência de todos esses fatores na cimentação de um pino de fibra de vidro, tem se proposto a utilização do cimento de ionômero de vidro ou do cimento resinoso autocondicionante, que dispensam uso de um sistema adesivo prévio (GORACCI, C. et al. 200; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010; GOMES, G. M. et al. 2011).

O primeiro passo para a cimentação adesiva de um pino de fibra de vidro é a seleção do cimento, que, nesse caso, necessariamente deve ser um cimento resinoso. E, na sequência, com base no conhecimento da composição e reação de polimerização do cimento, selecionar o sistema adesivo, caso seja necessário a sua aplicação prévia. Esse passo é de suma importância na técnica restaurador para que se possa atingir o sucesso clínico almejado, expresso na

retenção do pino e na resistência à fratura do remanescente radicular. O profissional deve ter em mente que o cimento selecionado não tem o propósito de compensar falhas cometidas na seleção do pino e no preparo do canal. A seleção está relacionada às suas propriedades físicas, mecânicas e a sua capacidade de selamento do canal radicular, que nos cimentos resinosos depende da conversão dos monômeros em polímero; como também do tempo de trabalho; tempo de presa (polimerização), e da sua função de propiciar a retenção do pino pelo aumento da área de contato entre o dente e o pino (BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. 2002; PIRANI, C. et al. 2005; GORACCI, C. et al. 2007; MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. 2010).

A escolha de um sistema adesivo e cimento resinoso de polimerização química, teoricamente, devem ser eleitos, pois assim se tem elevado grau de conversão e propriedades mecânicas adequadas. A utilização de um cimento de polimerização física, embora ofereça ao profissional maior tempo de trabalho, facilidade de manipulação e inserção no canal, as suas propriedades físicas, mecânicas e biológicas dependem de um aparelho gerador de luz com potência mínima capaz de induzir a conversão dos monômeros em toda a extensão do canal radicular (PEGORARO, T. A; DA SILVA, N. R. F. A; CARVALHO, R. M. 2007). Por sua vez, a proposta dos cimentos de polimerização dual é a de ter um material com prolongado tempo de trabalho e que seja capaz de atingir elevado grau de conversão, na presença ou não da luz (BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. 2002). Nesses, a polimerização química e física são complementares e independentes, havendo componentes ativadores e iniciadores de ambos os sistemas, sendo assim a química não irá ativar a parte polimerizável fisicamente caso a exposição de luz seja insuficiente (PEDREIRA, A.P.R.V. 2007). No entanto, alguns cimentos resinosos de polimerização dual sem a presença de luz apresentam insuficiente grau de conversão (FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; SHADMAN, N. et al. 2012).

Um das primeiras propostas clínicas para propagar a luz emitida por um aparelho fotopolimerizador para o interior do canal radicular se deu com o surgimento do sistema restaurador intra-radicular Luminex (Dentatus, A.B., Sweden), que apresentava um componente fototransmissor, capaz, segundo o fabricante, de

fotopolimerizar integralmente a resina composta inserida no canal para, posteriormente, cimentação de um pino metálico pré-fabricado (LUI, J.L. 1994).

Mais recentemente foram idealizados os pinos de fibra de vidro translúcidos, que permitem a propagação da luz por toda a sua extensão e, conseqüentemente, a polimerização do cimento ao longo de toda a extensão do canal radicular. Entretanto, esse fato é ainda polêmico, e alguns trabalhos mostram que, embora a luz possa propagar pelo pino, não o faz com potência mínima capaz de induzir adequada conversão (LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; CEBALLOS, L. et al. 2007; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008).

A potência da luz transmitida pelos pinos de fibra de vidro translúcidos depende da quantidade da luz gerada pelo aparelho fotopolimerizador, que por sua vez depende da qualidade de funcionamento do mesmo. Atualmente, além dos aparelhos fotopolimerizadores de lâmpada halógena, também existem aparelhos à base de laser de argônio e arco de plasma. Esses últimos foram lançados com a proposta de reduzir o tempo de cura dos materiais resinosos, pois a luz emitida atinge níveis elevadíssimos de potência. Entretanto, o custo elevado e o calor gerado, que pode resultar em danos ao tecido pulpar, inviabilizam o uso. A mais recente e promissora tecnologia fotopolimerizadora são os aparelhos a base de LED (luz emitida por diodo), cujas vantagens os colocam, atualmente, como aparelho de primeira escolha à fotopolimerização dos materiais resinosos (KURACHI, C. et al. 2001; SOUZA, A. R. et al. 2005; RAHIOTIS, C. et al. 2010; CALDARELLI, P. G. et al. 2011). Outros fatores que também podem influenciar são o diâmetro do pino e o tipo de pino (GALHANO, G. A. et al. 2008; SHADMAN, N. et al. 2012), o tempo de exposição à luz, a composição do material (tipo, tamanho e quantidade de partícula) e a translucidez (SHADMAN, N. et al. 2012).

2.3 Métodos para avaliação do grau de conversão dos materiais resinosos

A adequada polimerização de um compósito, expressa na conversão dos monômeros em polímeros, é altamente desejável à longevidade clínica de qualquer procedimento restaurador direto e/ou indireto. Entretanto, difícil de ser

obtida devido à limitação na mobilidade das moléculas reativas, imposta pela rápida formação de uma rede de ligações poliméricas cruzadas. Assim, conseqüentemente, é comum a permanência de grupos de metacrilatos (monômeros residuais) não reagidos no interior do material (FARIA E SILVA, A.L. 2006).

Para a mensuração do grau de conversão dos monômeros orgânicos dos compósitos odontológicos restauradores em polímeros diferentes métodos podem ser empregados: 1) método direto, que avaliam diretamente o grau de conversão comparando a estrutura e o comportamento atômico-molecular desses materiais; e 2) método indireto, que analisam o comportamento mecânico dos materiais polimerizados.

Dentre os métodos diretos podem-se destacar as espectrometrias. O termo espectroscopia designa métodos analíticos, em que se estuda a interação de radiações eletromagnéticas com as moléculas, sendo um dos seus principais objetivos a determinação dos níveis de energia de átomos ou moléculas a partir das diferenças (transições) entre esses níveis. No caso das espectroscopias vibracionais de interesse odontológico, têm-se as espectroscopias de absorção (IR, FTIR) e de espalhamento (Raman e FT-Raman).

O espectro vibracional de absorção de energia eletromagnética, relacionado à mensuração do grau de conversão encontra-se na região do espectro eletromagnético correspondente ao infravermelho (100 a 10000 cm^{-1}). Nos compósitos em evidência, devido a seus monômeros, tanto na molécula de Bis-GMA como na de TEGDMA os espectros mais utilizados são os de 1640 cm^{-1} , para as ligações C=C alifáticas, e 1610 cm^{-1} para as aromáticas. Como a intensidade de uma banda de absorção é proporcional a concentração do componente que causou esta banda, a quantidade de um composto presente em uma amostra pode ser determinada através de uma curva de calibração (intensidade da banda *versus* concentração) construída a partir de amostras com concentrações conhecidas do composto em questão. Como as ligações alifáticas são rompidas durante o processo de polimerização, e as aromáticas tem sua integridade e concentração mantidas, o grau de conversão pode ser dado pela razão entre as concentrações de ambas, no material curado em relação ao não-curado.

Ainda dentro da espectroscopia por infravermelho (IR) supracitada há uma variação da técnica; a Espectroscopia por Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR). Este é o método de espectroscopia infravermelho mais utilizado. A elevada sensibilidade e resolução, como a rapidez de registro apresentam-se como as grandes vantagens do FTIR, sendo as desvantagens lideradas pela complexidade dos instrumentos e seu elevado custo. Este método é baseado na interferência da radiação entre dois feixes resultando um interferograma. A partir deste interferograma, são feitos diversos cálculos matemáticos (Transformada de Fourier) para se obter um espectro. A partir deste espectro, o grau de conversão é determinado de forma igual à espectroscopia por infravermelho convencional.

Já a outra forma de obtenção de um espectro, através de métodos vibracionais, é a Espectroscopia Raman, que consiste num espalhamento de fótons que absorveram energia das ondas eletromagnéticas irradiadas – estas, já no espectro visível - após entrarem em choque com as moléculas da amostra. Uma pequena quantidade de luz (por volta de 1 fóton em 10^4) é espalhada e sai da amostra com a mesma frequência da luz que entra. Uma quantidade ainda menor de luz (em torno de 1 fóton em 10^7) é espalhada com frequência diferente da luz que entra: podemos pensar em colisões inelásticas entre moléculas e fótons. Este fenômeno é chamado de espalhamento Raman e estas variações na energia dos fótons que saem correspondem às variações nos níveis de energia quantizada das moléculas na amostra, gerando assim um espectro que forneça informações para o cálculo do grau de conversão (HAYT JR, W, BUCK, J.A. 2008).

Entretanto, o uso dessa espectroscopia é limitado devido à sua menor sensibilidade e à presença de fluorescência, que interferia no sinal de interesse (FARIA E SILVA, A.L. 2006). Propôs-se então uma hibridização das técnicas FTIR e Raman: a FT-Raman. Tal metodologia, assim como as demais já citadas, fornece um espectro que possibilita o cálculo do grau de conversão.

Na literatura científica odontológica, há trabalhos que utilizaram as técnicas de espectroscopia citadas acima, para avaliar o grau de conversão de compósitos restauradores, entretanto, tais trabalhos objetivavam analisar o comportamento do material, ou da fonte fotoativadora ou ainda, simulando condições diferentes da cimentação de pinos (FERRACANE, J. L. 1985; SHIN, W. S.

et al. 1993; PIANELLI, C. et al. 1999; SGARBI, S.C. 2006). Por outro lado, os trabalhos de FARIA E SILVA, A. L. et al. (2007); LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. (2003); SHADMAN, N. et al. (2012) utilizaram as técnicas espectroscópicas de FT-IR ou FT-Raman, com a finalidade de avaliar o comportamento dos compósitos frente a uma situação do uso de pinos intrarradiculares, ou seja, analisando sua capacidade em transmitir luz.

Ainda podem ser citadas outras espectroscopias de destaque no estudo do grau de conversão dos compósitos odontológicos, a Espectroscopia no Ultravioleta (UV) e a de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE)

A absorção de luz ultravioleta ou visível por uma molécula é, geralmente, o resultado de uma transição eletrônica, e pode ser estudada pela espectroscopia eletrônica. Dependendo da energia necessária para a transição eletrônica, a estrutura orgânica absorverá a luz ultravioleta ou a luz visível. Os espectros no UV (200 a 600 nm) e Visível, registrados para as moléculas, são espectros de absorção e são obtidos colocando-se as substâncias em um espectrômetro que analisa a energia transmitida e a compara com a energia incidente, a cada comprimento de onda. Na odontologia o foco está nos monômeros vinílicos e no fato do espectro destes comprimentos de onda poder ser observado devido à estrutura eletrônica.

Já a espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) é uma técnica não destrutiva, de alta resolução e requer pequena quantidade de amostras para análise. Tem se tornado um dos mais importantes métodos de detecção de radicais livres em compósitos odontológicos, pois a polimerização de monômeros dimetacrilatos dos materiais resinosos odontológicos resulta numa reticulação da estrutura e a conversão dos monômeros não é completa, portanto, sempre haverá a presença de quantidades consideráveis de radicais livres e duplas ligações pendentes (FERRACANE, J. L. et al. 1997). Estes radicais livres são uma espécie paramagnética, ou seja, são os objetos de análise desta espectroscopia, onde se medem basicamente a absorção de micro-ondas pelos centros paramagnéticos presentes na amostra, em função da intensidade do campo magnético aplicado. Os spins eletrônicos das espécies paramagnéticas, na presença do campo magnético, alinham-se com o mesmo, de forma quantizada em dois

estados diferentes, quando estiver em maior energia, alinham-se com o campo, ou, em menor energia, antiparalelamente a este campo. Por causa das mudanças na diferença de energia entre os dois estados de spin pela variação da intensidade do campo magnético, para a obtenção dos espectros, é possível manter a frequência de radiação eletromagnética constante e varrer o campo magnético. Um pico na absorção acontece quando o campo magnético separa os dois estados de spin de forma que a diferença de energia entre os níveis seja igual à energia da radiação incidente (microonda). Desta forma, obtém-se um espectro que é a primeira derivada da curva de absorção, onde sua integral dá a quantidade de espécies paramagnéticas na amostra, ou seja, é proporcional à concentração de radicais livres para o caso odontológico, definindo assim, o grau de conversão (FONTES, A.S. 2009).

Já em relação à espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica, são escassos os experimentos relacionados diretamente com materiais dentários (TRUFFIER-BOUTRY, D. et al. 2006; FONTES, A.S. 2009; LE PRINCE, J. G. et al. 2012), não tendo sido nenhum ainda relacionado com a situação clínica de pinos intrarradiculares.

Contrapondo a essas metodologias, estão os métodos indiretos para se avaliar o grau de conversão dos materiais resinosos, sendo a dureza (microdureza, e nanodureza) e a resistência flexural, seus principais representantes na literatura.

Um dos trabalhos pioneiros na análise da quantidade de luz que os pinos intrarradiculares são capazes de transmitir por toda sua extensão, utilizou um método indireto e observou que a utilização de pinos plásticos transparentes fototransmissores permitiu que a resina composta fosse fotopolimerizada em áreas de difícil acesso da luz, dentro do conduto radicular (LUI, J.L. 1994).

Seguindo tais metodologias de avaliação indireta, podem ainda ser citados os trabalhos de LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. (2003); ROBERTS, H. W. et al. (2004); YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. (2005); SIGEMORI, R.M. (2006); GALHANO, G. A. et al. (2008); RADOVIC, I. et al. (2009); ÔZCAN, M. et al. (2011).

Os métodos de avaliação do comportamento mecânico dos polímeros esbarram em uma importante variável, já que as propriedades mecânicas também são dependentes da densidade da rede de ligações cruzadas formada durante o processo de polimerização (ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT 2001; LOVELL, L. G. et al. 2001). Isso significa que polímeros diferentes em linearidade (menos ou mais ligações cruzadas) podem apresentar valores de conversão similares (RAMOS, M.B. 2009).

Como visto, em relação às metodologias que avaliam a capacidade de transmissão dos pinos pré-fabricados translúcidos de fibra de vidro essas podem variar quanto as que analisam o grau de conversão do cimento resinoso ao longo do pino utilizado na cimentação, ou um compósito restaurador de forma direta ou indireta; bem como ainda, as que analisam a propagação da luz ao longo do pino, na extremidade oposta ao emprego da unidade fotopolimerizadora (MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008; RADOVIC, I. et al. 2009).

3 PROPOSIÇÃO

Avaliar qualitativamente *in vitro*:

- O grau de conversão de uma resina composta em relação a luz emitida por um aparelho de luz led e transmitida por um sistema de pino pré-fabricado translúcido de fibra de vidro, em diferentes comprimentos, pela técnica de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE).

MATERIAL E MÉTODO

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 PINOS INTRARRADICULARES

Neste experimento, foi utilizado o pino de fibra de vidro DC White Post (FGM) nº 3 cujas dimensões estão especificadas no esquema abaixo.

Figura 4.1 – (A) Pino de fibra de vidro WhitePost DC (FGM) – Lote: 210611 – (B) Esquema das dimensões do pino utilizado neste experimento.



Fonte: Autoria própria.

4.2 COMPÓSITO

Para análise do grau de conversão, adotou-se a resina composta Filtek Z350XT - 3M ESPE (Figura 4.2) na cor OA2 Corpo, Lote: N348516BR.

Figura 4.2 – Compósito restaurador fotoativado utilizado no experimento.



Fonte: Autoria própria.

4.3 APARELHO FOTOPOLIMERIZADOR

Para a ativação da resina composta foi utilizado como fonte de irradiação um aparelho fotopolimerizador a base de LED com aplicação contínua.

Quadro 4.1 – Dados descritivos do aparelho fotopolimerizador.

Aparelho	Fonte de luz	Intensidade de luz	Comprimento de onda
Optilight Max	LED	1200 mW/cm ²	420 – 480 nm
Gnatus			

Fonte: GNATUS Equipamentos Médico-odontológicos LTDA (Brasil).

4.4. GRUPOS EXPERIMENTAIS

Neste experimento as amostras foram divididas em 5 grupos (n=3).

Quadro 4.2 – Descrição do delineamento experimental .

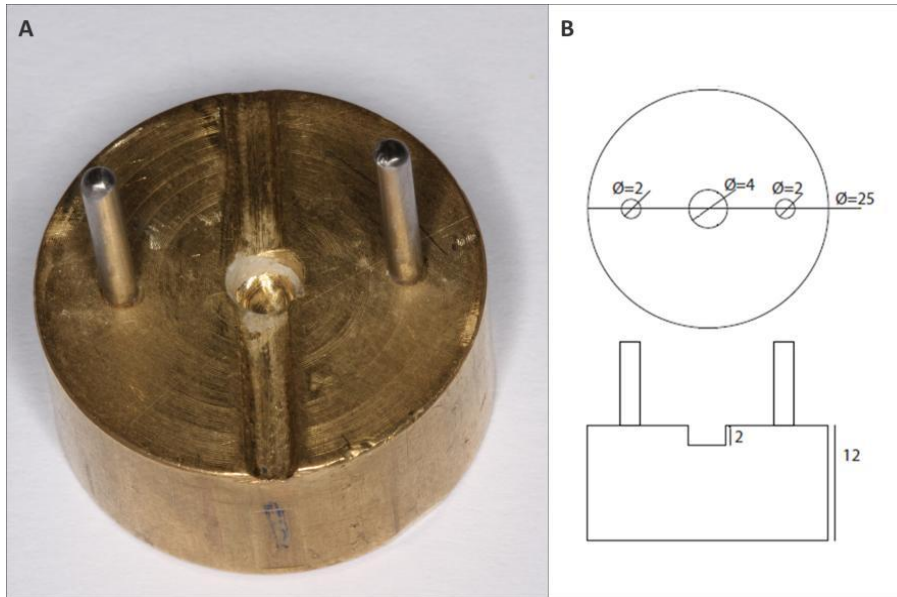
GRUPO		Descrição
C+	Controle positivo	Fonte de luz diretamente sobre a amostra.
G1	Grupo experimental 1	Fonte de luz a 4 mm da amostra, através do pino de fibra.
G2	Grupo experimental 2	Fonte de luz a 6 mm da amostra, através do pino de fibra.
G3	Grupo experimental 3	Fonte de luz a 8 mm da amostra, através do pino de fibra.
C-	Controle negativo	Sem fotoativação

Fonte: Autoria própria.

4.5 OBTENÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Quinze amostras foram preparadas. Para tal preparação foi confeccionada uma base em latão (Figura 4.3) contendo um orifício central de 4mm de diâmetro e 2mm de profundidade. Lateralmente e eqüidistante, apresenta dois pinos-guia, com 2mm de diâmetro. O diâmetro externo – 25mm – e a altura da base – 12mm – foram adotados arbitrariamente apenas para garantir o manuseio com segurança, não tendo nenhuma interferência no experimento.

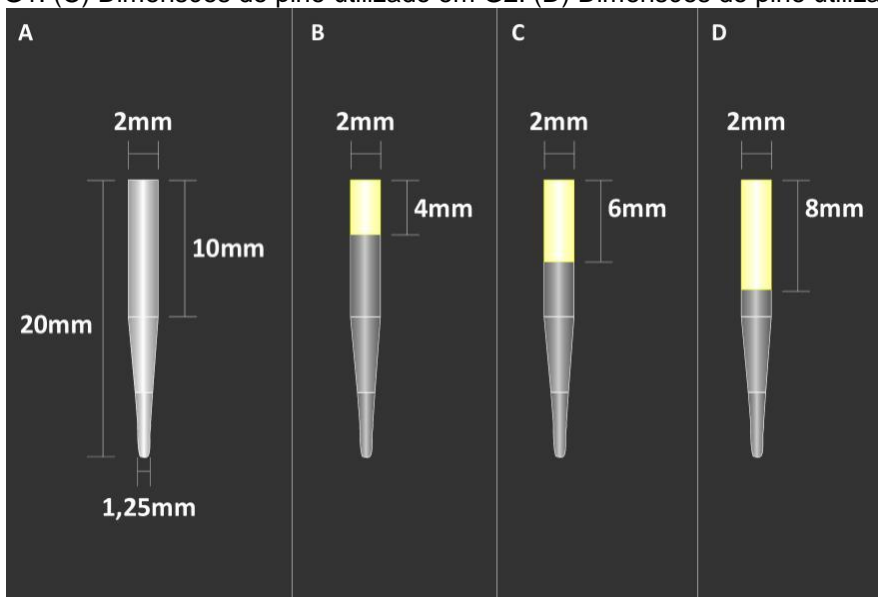
Figura 4.3 – (A) Base de latão para confecção dos corpos-de-prova. (B) Esquema com as dimensões da base.



Fonte: Autoria própria.

A variação dentro da pesquisa se deu pelo comprimento do pino que foi utilizado em cada grupo experimental. No primeiro grupo experimental (G1), o pino foi cortado a 4mm de distância da sua porção mais coronal. No segundo grupo (G2), cortou-se a 6mm e no terceiro (G3) a 8mm de distância. Para cada grupo foi utilizado apenas 1 pino. E nos três casos manteve-se o paralelismo do pino por toda a extensão em questão (Figura 4.4).

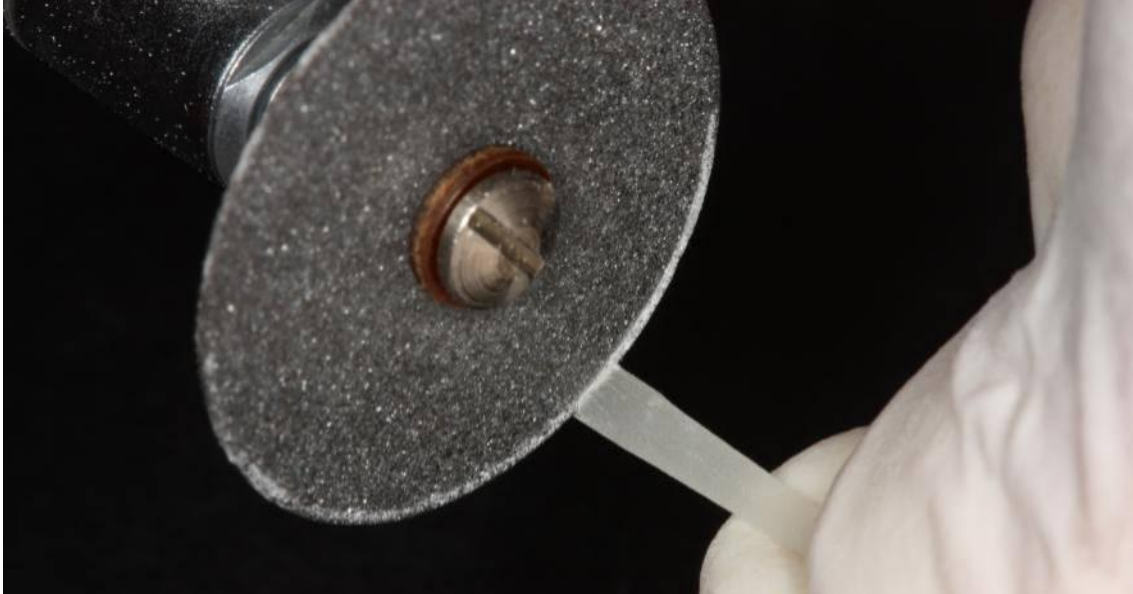
Figura 4.4 – (A) Esquema com as dimensões do pino utilizado. (B) Dimensões do pino utilizado em G1. (C) Dimensões do pino utilizado em G2. (D) Dimensões do pino utilizado em G3.



Fonte: Autoria própria.

Os cortes foram feitos com disco de carborundum – granulação fina – acoplado a um mandril e montado em contra-ângulo (Figura 4.5).

Figura 4.5 – Corte do pino de fibra e vidro.



Fonte: Autoria própria.

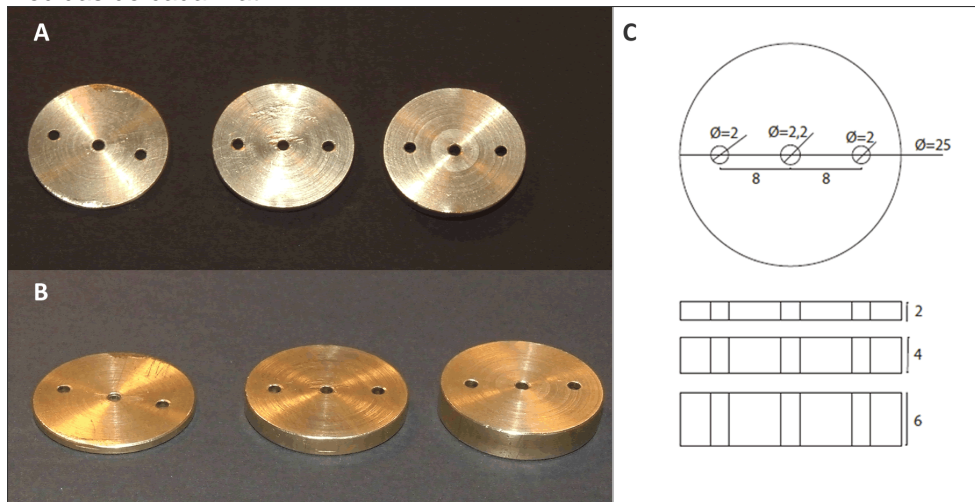
Figura 4.6 – Pinos de fibra de vidro, cortados de acordo com cada grupo experimental.



Fonte: Autoria própria.

Também foram confeccionadas em latão, 3 matrizes para adaptação dos pinos de fibra de vidro, com espessuras de 2, 4 e 6 milímetros respectivamente. As matrizes apresentavam um orifício central de 2,2mm e 2 orifícios laterais equidistantes ao centro, de 2mm de diâmetro. (Figura 4.7)

Figura 4.7 – (A) Vista superior das matrizes. (B) Vista lateral das matrizes. (C) Esquema com as medidas de cada matriz



Fonte: Autoria própria.

Em seguida os pinos foram cimentados no interior das matrizes, seguindo a correspondência: Matriz 2mm – Pino 4mm; Matriz 4mm – Pino 6mm; Matriz 6mm – Pino 8mm.

Tal associação entre pinos e matrizes, manteve nos 3 casos, 2mm da porção coronária do pino, para fora da matriz.

Para a cimentação, foi feita a aplicação de silano por toda a extensão do pino, em seguida a auto-mistura do cimento resinoso dual ALL-CEM numa placa de vidro, com o auxílio de uma espátula de inserção, o cimento foi levado ao interior do orifício central da matriz, posicionou-se o pino de forma que a porção mais apical deste se mantivesse em continuidade com a face inferior da matriz. (Figura 4.8)

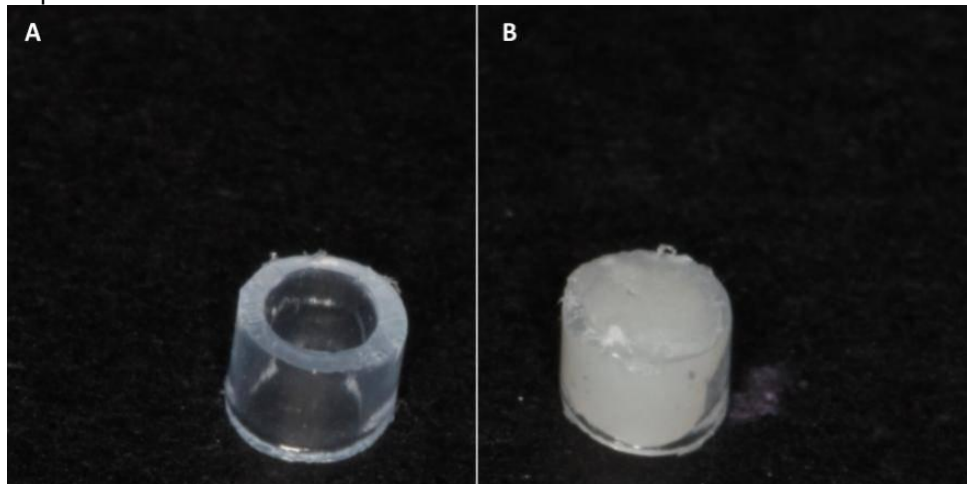
Figura 4.8 – Vista lateral das matrizes com os respectivos pinos já cimentados.



Fonte: Autoria própria.

Como receptáculo para o compósito, obteve-se pequenos tubos de silicone (Figura 4.9A), com as seguintes dimensões: Diâmetro externo = 4mm, diâmetro interno = 2mm, altura = 2mm. Com uma espátula de inserção, a resina composta foi inserida no tubo de silicone de forma que todo o interior deste fosse preenchido com o material (Figura 4.9B).

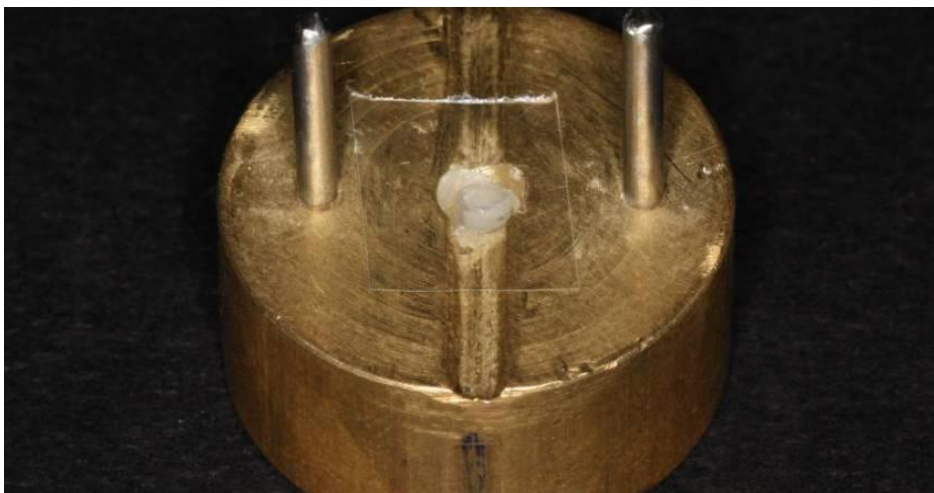
Figura 4.9 – (A) Tubo de silicone. (B) Tubo de silicone preenchido com resina composta fotopolimerizável



Fonte: Autoria própria.

Em seguida, o tubo de silicone preenchido com compósito (corpo-de-prova), foi levado no interior do orifício localizado no centro da peça-base. Uma pequena tira de matriz de poliéster (10x10mm) foi posicionada sobre o corpo-de-prova, para garantir que a extremidade do fotopolimerizador ou a porção apical dos pinos não tivessem contato com resíduos de resina composta (Figura 4.10).

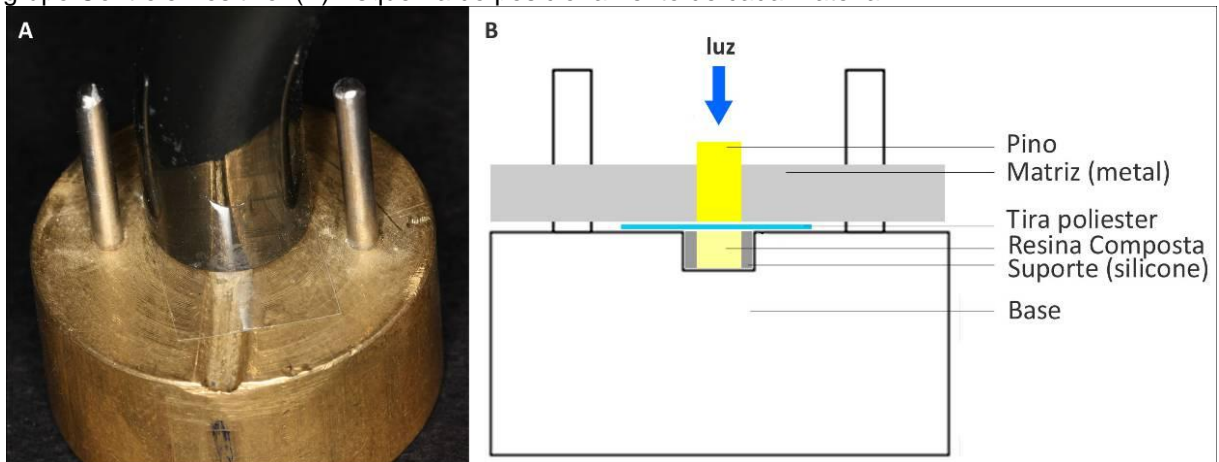
Figura 4.10 – Corpo-de-prova posicionado no interior da base e coberto com a matriz de poliéster.



Fonte: Autoria própria.

No grupo de controle positivo (C+) o fotopolimerizador foi posicionado diretamente sobre a matriz de poliéster (Figura 4.11). E no grupo de controle negativo (C-), a resina composta do corpo-de-prova não passou por nenhuma fotoativação. A fotopolimerização em todos os grupos cujo a amostra foi submetida, teve duração de 20 segundos.

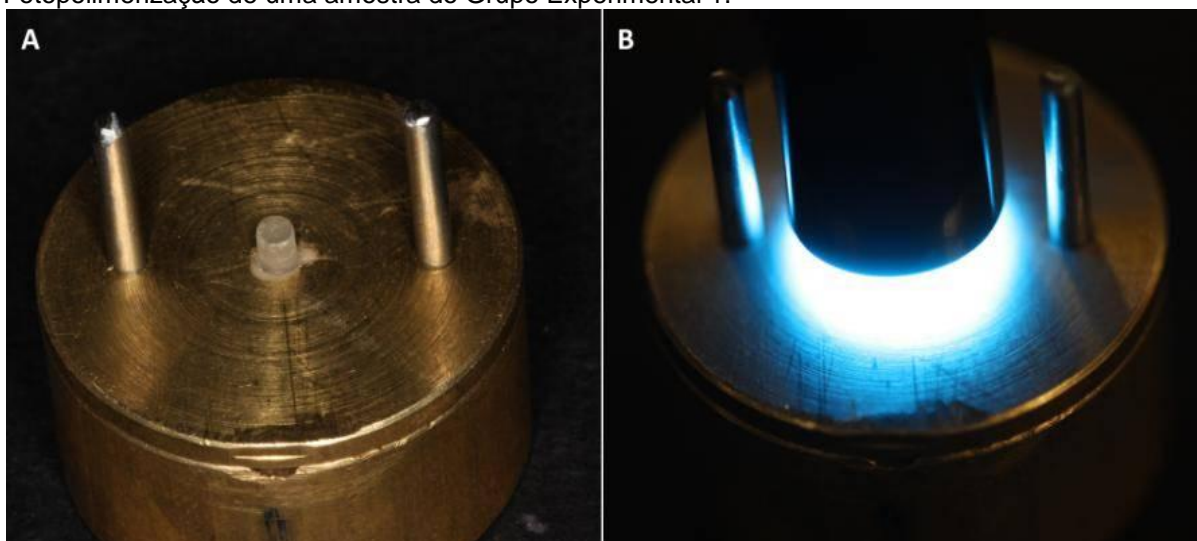
Figura 4.11 – (A) Aparelho fotopolimerizador posicionado diretamente sobre a matriz de poliéster, grupo Controle Positivo. (B) Esquema do posicionamento de cada material.



Fonte: Autoria própria.

Já nos grupos experimentais, cada matriz foi adaptada sobre a peça-base, seguindo a orientação dos pinos-guia (Figura 4.12).

Figura 4.12 – (A) Matriz com pino de 4 mm, adaptada sobre a base seguindo os pinos guia. (B) Fotopolimerização de uma amostra do Grupo Experimental 1.



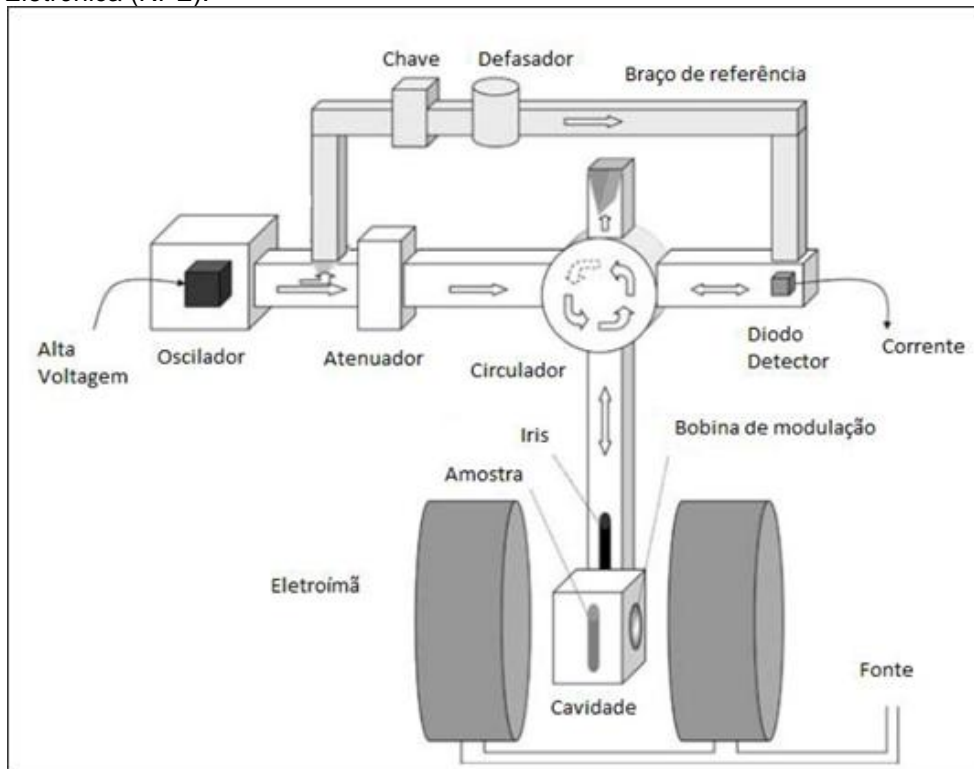
Fonte: Autoria própria.

Após os corpos de prova estar devidamente preparados de acordo com o grupo, estes foram imediatamente submetidos à análise espectroscópica por Ressonância Paramagnética Eletrônica.

4.6 ANÁLISE EXPERIMENTAL

A técnica de caracterização de materiais utilizada aqui foi a Ressonância Paramagnética Eletrônica, que fornece a concentração de radicais livres na amostra, ou seja, o grau de conversão do cimento. O espectrômetro de EPR é composto basicamente por uma fonte de radiação eletromagnética, uma cavidade, eletroímãs e um detector (Figura 4.13).

Figura 4.13 – Esquema de funcionamento do espectrômetro de Ressonância Paramagnética Eletrônica (RPE).



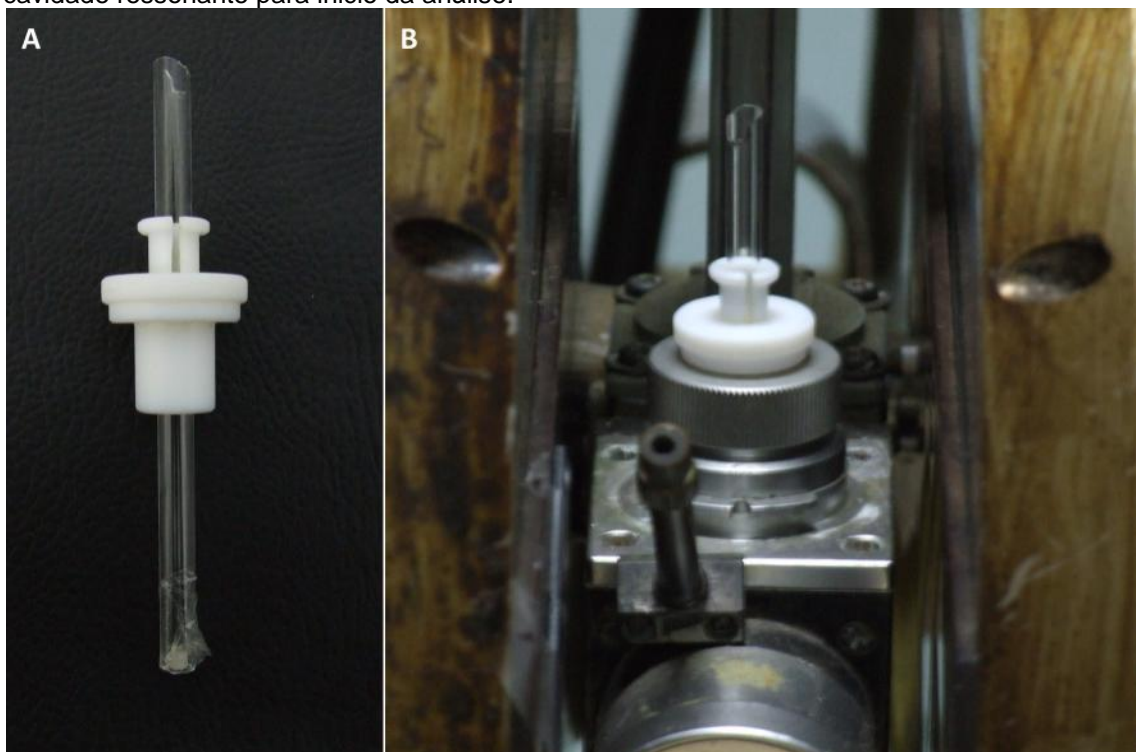
Fonte: Fontes (2009).

A fonte de radiação emite ondas na faixa de microondas que percorrem o guia de onda e chegam à cavidade, onde são colocadas as amostras no centro de um eletroímã. A potência radiada emitida pela fonte é atenuada pela amostra quando o campo gerado pelo eletroímã separa os níveis de energia das espécies paramagnéticas na amostra com uma energia igual à da microonda incidente (fenômeno conhecido como ressonância). Uma vez havendo ressonância,

a amostra absorve a radiação, e esta atenuação de microonda é captada no detector, gerando assim um sinal característico da amostra, dado que cada composto tem uma intensidade diferente de campo onde ocorre a ressonância, e mais que isso, cada composto possui um fator espectroscópico diferente, que pode ser encontrado através das condições de ressonância, constituindo a impressão digital da amostra. Como a técnica é muito sensível, esta é amplamente utilizada em caracterização de materiais. Outro fator importante é que realizando-se o experimento com um padrão, cujo fator espectroscópico é conhecido, pode-se calcular também a concentração relativa de espécies paramagnéticas na amostra em estudo, o que, para este trabalho, pode ser entendido como grau de conversão dos monômeros.

Cada amostra é colocada em um tubo de quartzo delgado de 4 mm de diâmetro, e este é inserido na cavidade do espectrômetro, à temperatura ambiente (Figura 4.14).

Figura 4.14 – (A) Amostra no interior do tubo de quartzo. (B) Tubo de quartzo posicionado na cavidade ressonante para início da análise.



Fonte: Autoria própria.

Foi utilizado como padrão o MgO:Mn^{2+} , o qual também está inserido na cavidade. Logo após regula-se a potência, a frequência, a amplitude e a varredura do campo. A análise espectroscópica por RPE em banda X ($\sim 9,5$ GHz) foi

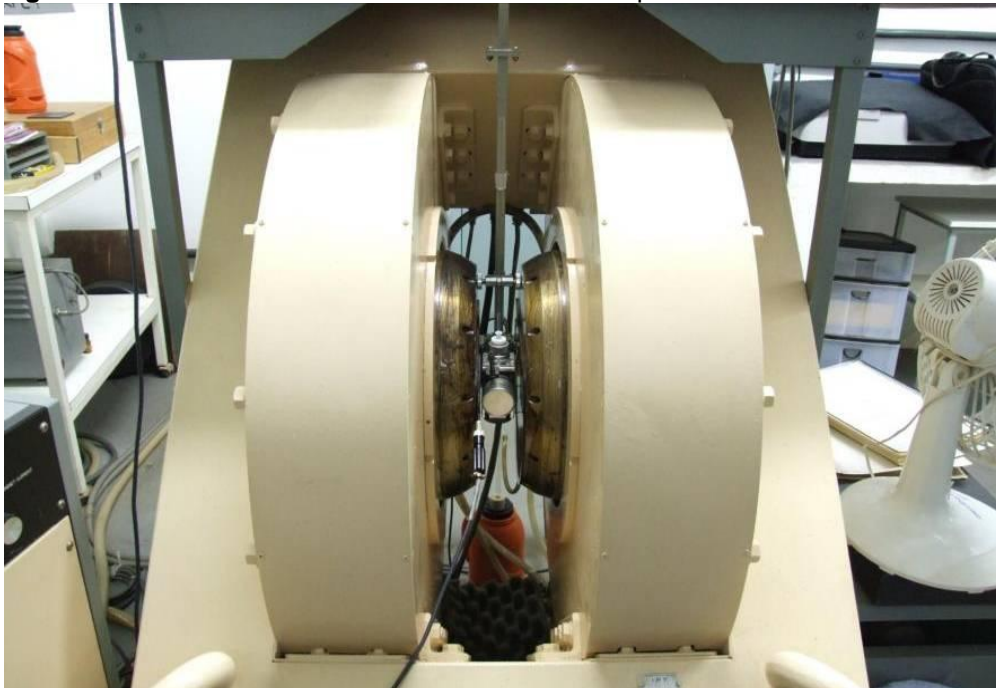
realizada no Laboratório de Fluorescência e Ressonância Paramagnética Eletrônica (LAFLURPE) do Centro de Ciências Exatas da Universidade Estadual de Londrina, por meio de um espectrômetro de RPE da marca JEOL (JES-PE-3X) (Figuras 4.15 e 4.16), tendo a amostra sido irradiada por 2 minutos ($t=2$) sob a potência de 1 mW, com o campo magnético sendo varrido da faixa de $(3420 + 250)$ G.

Figura 4.15 – Painel de controle dos parâmetros do espectrômetro.



Fonte: Autoria própria.

Figura 4.16 – Cavidade ressonante e eletroímã do espectrômetro.



Fonte: Autoria própria.

O equipamento está interligado a uma placa digitalizadora de um computador, desenvolvida no laboratório de engenharia Elétrica da UEL, que através de um programa específico, colhe as informações que posteriormente serão tratados pelos programas Microcall Origin 7.0 e Microsoft Excel 2007.

5 RESULTADOS

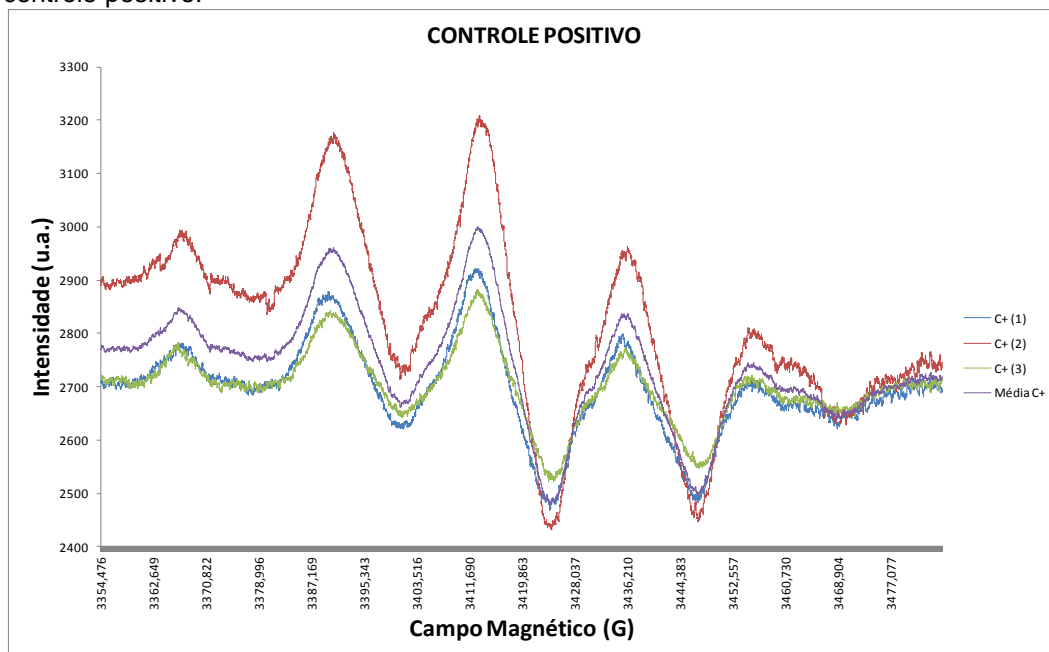
Devido a quantidade de pontos gerados em cada gráfico (cerca de 48 mil), estes foram limitados aos 32 mil centrais – faixa de interesse neste experimento. Também devido à excessiva quantidade de pontos gerados, a uma análise qualitativa do sinal só pode ser realizada através de gráficos.

Nos gráficos 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4 constam as intensidades de sinal de cada uma das três amostras do grupo de Controle Positivo, Grupo Experimental 1 (G1), Grupo Experimental 2 (G2) e Grupo Experimental 3 (G3) respectivamente, bem como, por se tratar de unidades arbitrais, uma média de suas intensidades. Esta média foi adotada como parâmetro de comparação entre os grupos.

O primeiro pico, na faixa entre 3362G e 3370G, e o pico entre 3452G e 3460G representam a 3ª e 4ª linhas de ressonância do Manganês, padrão utilizado junto às amostras.

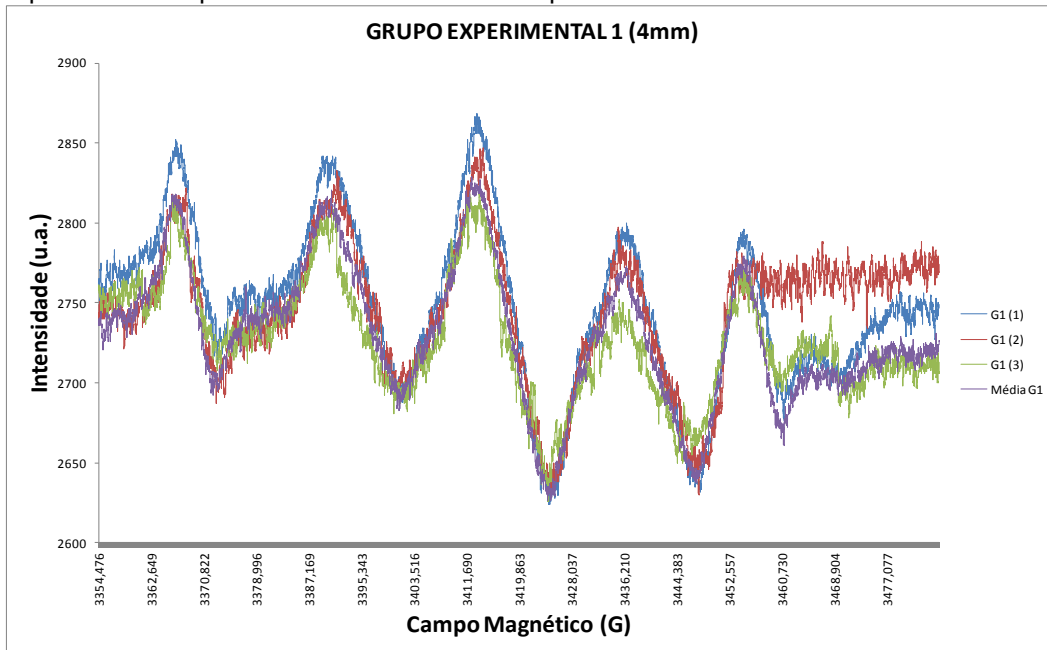
Os três picos intermediários, tem sua origem na intensidade de sinal emitida pelos radicais metacrilato de cada amostra.

Gráfico 5.1 – Intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, para o grupo controle positivo.



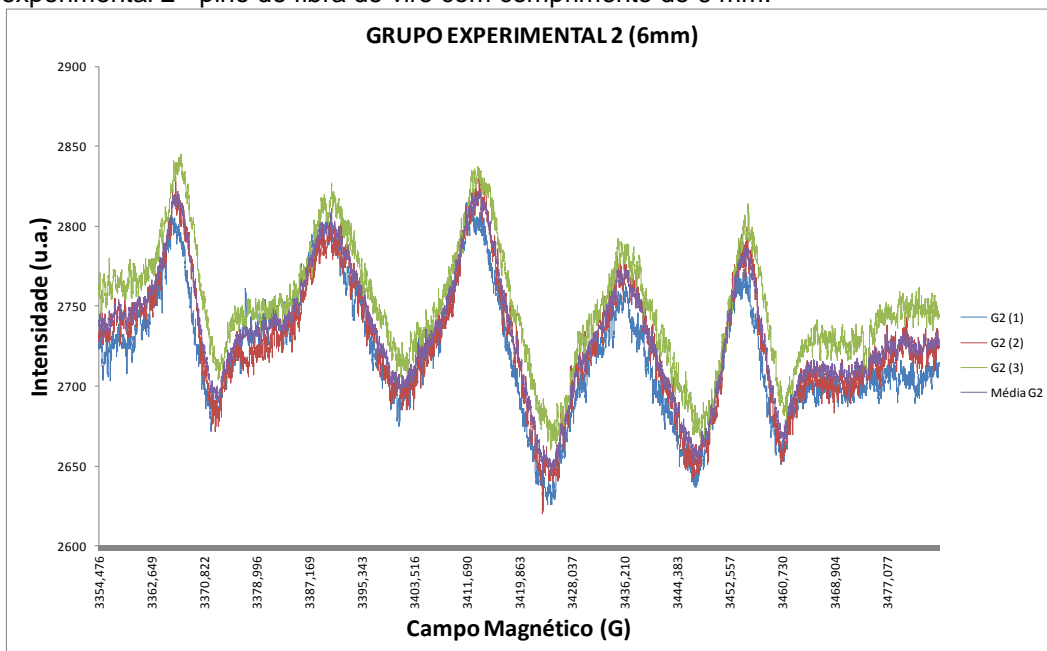
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5.2 – Intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, para o grupo experimental 1 - pino de fibra de viro com comprimento de 4 mm.



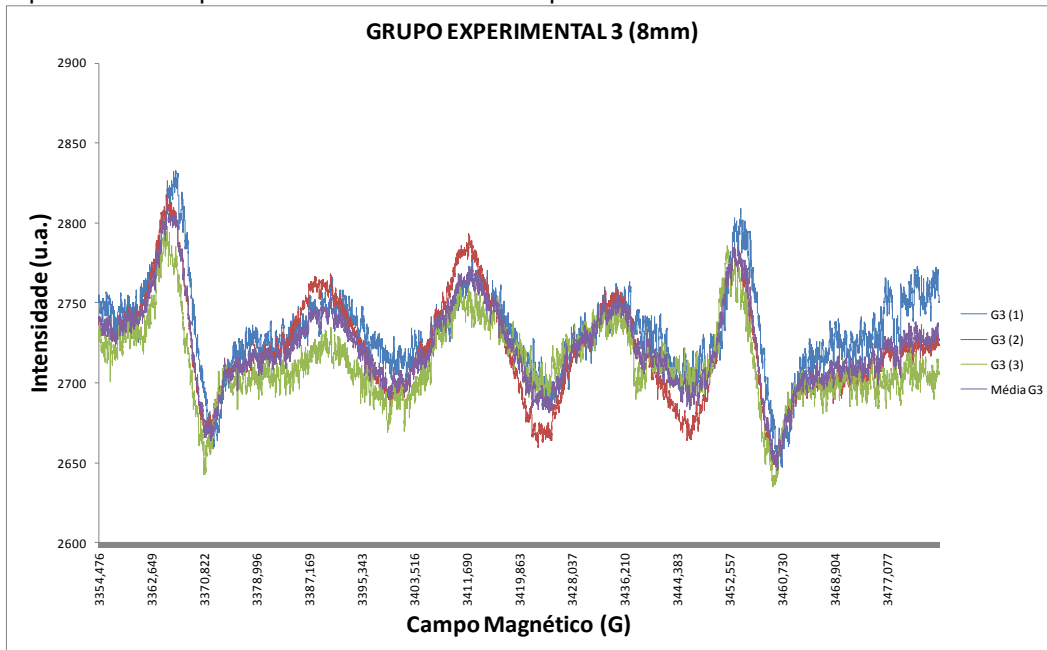
Fonte: Autoria própria.

Gráfico 5.3 – Intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, para o grupo experimental 2 - pino de fibra de viro com comprimento de 6 mm.



Fonte: Autoria própria.

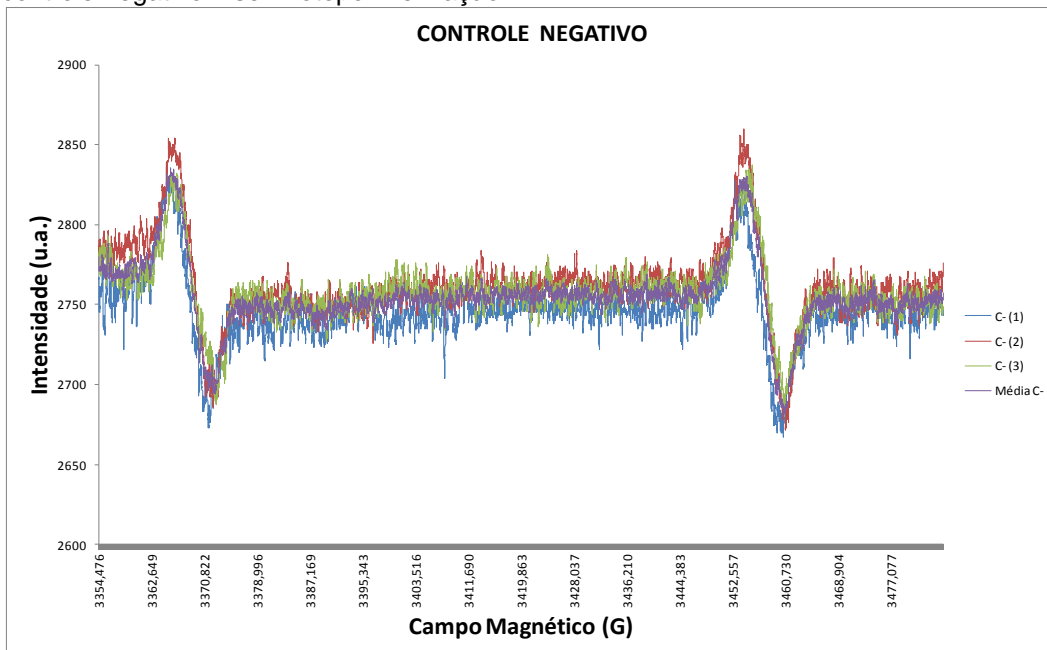
Gráfico 5.4 – Intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, para o grupo experimental 3 - pino de fibra de viro com comprimento de 8 mm.



Fonte: Autoria própria.

Entretanto, no gráfico 5.5, correspondente ao grupo de Controle Negativo, onde não houve fotopolimerização do compósito, estão presentes somente as linhas decorrentes o padrão de Mangans utilizado. Entre elas há uma continuidade linear, constante nas três amostras do grupo.

Gráfico 5.5 – Intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, para o grupo controle negativo – sem fotopolimerização.



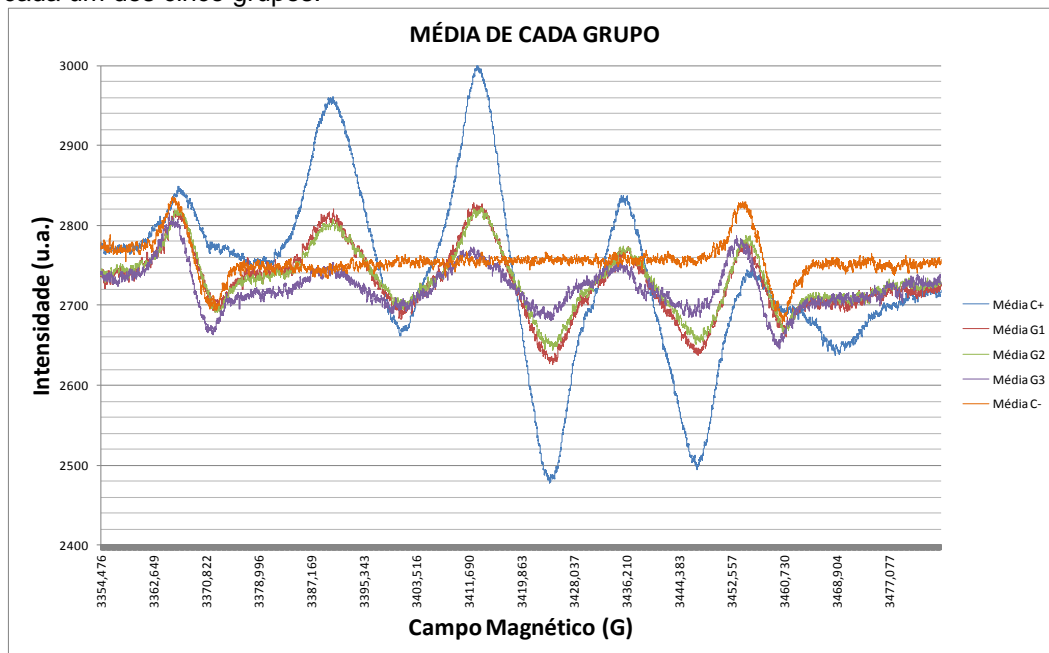
Fonte: Autoria própria.

Para comparar de fato todos os grupos, se fez um gráfico sobrepondo as cinco médias: Grupo de Controle Positivo (C+), Grupo Experimental 1 (G1); Grupo Experimental 2 (G2); Grupo Experimental 3 (G3) e Grupo de Controle Negativo (C-) (Gráfico 5.6).

A primeira observação é a amplitude da média de C+ em relação a todas as demais, sendo esta consideravelmente maior. Resultando na constatação que mesmo o pino de menor comprimento (G1), não proporcionou uma transmissão da luz do aparelho fotopolimerizador, de forma semelhante quando incidência da luz é direta sobre o compósito.

É possível se observar também, que o grupo C- foi o único a não apresentar os três picos intermediários.

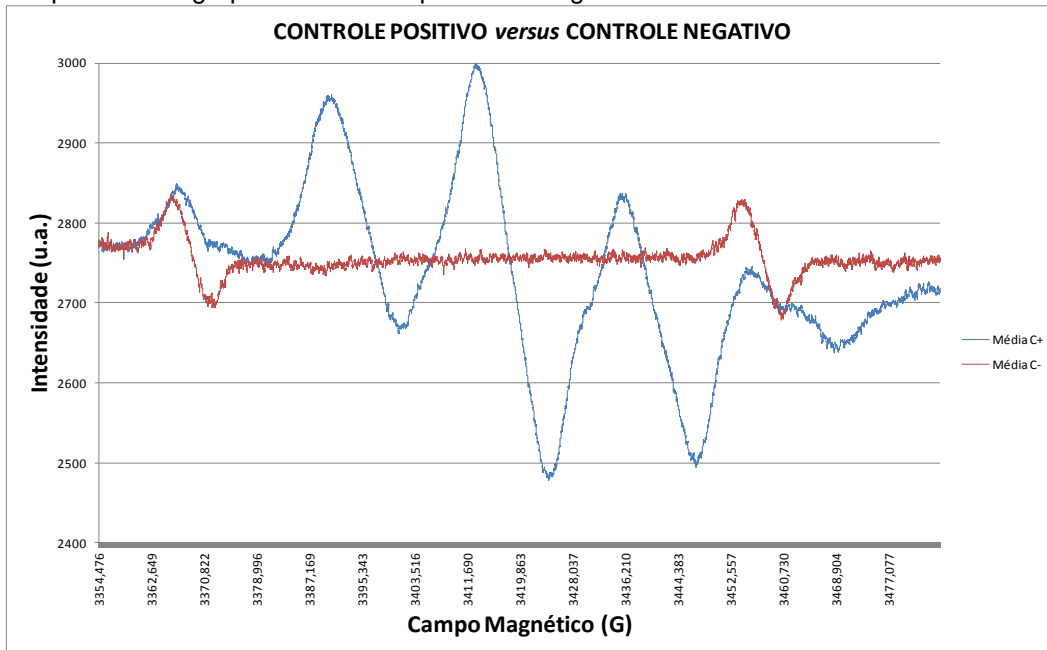
Gráfico 5.6 – Médias da intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, para cada um dos cinco grupos.



Fonte: Autoria própria.

Sobrepondo apenas as médias de intensidade do grupo onde houve a fotopolimerização diretamente sobre o compósito (C+) e do grupo sem fotoativação (C-), constata-se a validade da metodologia em analisar o grau de conversão de compósitos odontológicos fotopolimerizáveis.

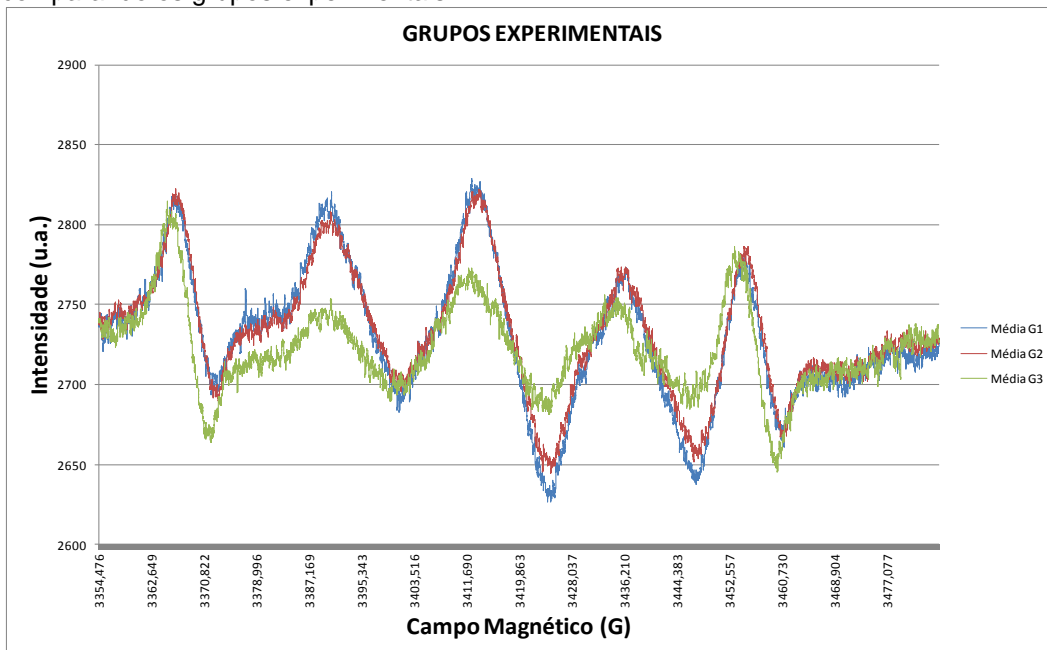
Gráfico 5.7 – Médias da intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, comparando os grupos de controle positivo e negativo.



Fonte: Autoria própria.

Analisando os grupos experimentais (G1, G2 e G3), se tem a figura 5.8, que traz as médias dos três grupos. Nota-se a sobreposição das médias de G1 e G2. Em evidência também está a baixa amplitude apresentada por G3, consideravelmente abaixo dos demais grupos experimentais.

Gráfico 5.8 – Médias da intensidade do sinal de radicais livres em função do campo magnético, comparando os grupos experimentais.



Fonte: Autoria própria.

6 DISCUSSÃO

6.1 Discussão da metodologia.

A translucidez e disposição das fibras dão aos pinos de fibra de vidro a capacidade de condutividade da luz e, dessa forma, a polimerização do cimento em toda a extensão do canal radicular (LUI, J.L. 1994; LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; ROBERTS, H. W. et al. 2004; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; CEBALLOS, L. et al 2007; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008; GALHANO, G. A. et al. 2008; SHADMAN, N. et al. 2012). Nesse contexto, este experimento foi conduzido com o intuito de avaliar a capacidade de transmissão de luz de um pino de fibra de vidro.

Assim, a retenção de um pino intrarradicular de fibra de vidro depende do emprego de um aparelho fotopolimerizador com potência de luz adequada, como também, na capacidade do pino em transmitir a luz à região do terço médio e apical do canal radicular. Caso o grau de conversão não atinja valores satisfatórios, os monômeros não convertidos afetarão as propriedades mecânicas dos materiais resinosos, ou seja, o sucesso do procedimento restaurador (BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. 2002; BOUILLAGUET, S. et al 2003; CALIXTO, L. R. et al. 2012; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; GALHANO, G. A. et al. 2008).

Há metodologias que avaliam esta capacidade de transmissão analisando diretamente a luz, comparando a quantidade de entrada com a quantidade de saída (MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008; RADOVIC, I. et al. 2009). Entretanto, permanece o questionamento se a quantidade de luz na extremidade apical do pino, bem como por toda a sua extensão, é suficiente para conversão do cimento. Dessa forma, à realização deste experimento optou-se por avaliar o grau de conversão de um compósito, assim como feito por diferentes autores (LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; ROBERTS, H. W. et al. 2004; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; CEBALLOS, L. et al 2007; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008; GALHANO, G. A. et al. 2008; SHADMAN, N. et al. 2012; SIGEMORI, R.M. 2006; RADOVIC, I. et al. 2009; ÔZCAN, M. et al. 2011).

Clinicamente o procedimento de cimentação dos pinos está sujeito a inúmeras variáveis como a qualidade do substrato dentinário, umidade, tipo de sistema adesivo e composição do pino (BOUILLAGUET, S. et al 2003; MORRIS, M. D. et al. 2001; PASHLEY, D.H. 1991; PIRANI, C. et al. 2005). Contudo, esta pesquisa delineou-se tendo como única variável o comprimento do pino. Sendo que apenas uma marca foi avaliada, esta apresentada pelo fabricante: com uma translucidez capaz de conferir aos pinos alta condutividade de luz e permitir a polimerização do cimento dual até o ápice do canal, já na etapa inicial da cimentação (FGM).

Nesta pesquisa, optou-se trabalhar com um compósito restaurador fotoativado, ao invés de um cimento resinoso, pois o cimento resinoso dual teria seu grau de conversão influenciado pela fase de polimerização química, tendo esta o poder de também gerar radicais livres e, assim, mascarar a real intensidade e eficiência da luz no processo de polimerização. (SANTOS, M. J. M. C.; SOUZA JUNIOR., M. H. S.; MONDELLI, R. F. L. 2002). Em relação aos componentes químicos dos cimentos resinosos, capazes de gerar os radicais livres de interesse, no compósito utilizado esses são os mesmos, variando apenas a proporção de cada um (FARIA E SILVA, A.L. 2006).

Ainda de acordo com o fabricante, os 10mm iniciais do pino a partir de sua porção apical, apresentam um formato cilíndrico. Por este motivo, os grupos experimentais variaram o comprimento utilizando apenas esta porção cilíndrica, a fim de que o diâmetro de entrada e saída da luz fosse o mesmo em todos os grupos. O material de eleição para a confecção das matrizes foi metálico para garantir que a luz advinda do aparelho fotopolimerizador, fosse transmitida somente através do pino. A cimentação dos pinos nas matrizes foi feita apenas com a finalidade de estabiliza-los com a porção apical rente à face inferior da matriz, e vedar qualquer possibilidade de transmissão de luz que não fosse pelo pino, dispensando o uso de um sistema adesivo e não tendo interferência alguma no corpo de prova.

Buscou-se melhorar a metodologia empregada por SHADMAN, N. et al. (2012), uma vez que, mesmo utilizando cimento resinoso, os espécimes do experimento tinham sua espessura virando entre 40 e 70 μ m, por isso como suporte para os corpos de resina composta e também com a finalidade de padronizar as

dimensões foi utilizado uma mangueira de silicone, incapaz de interferir do sinal de radicais livres de interesse. Esta padronização também objetiva evitar alterações no espectro dos radicais (FONTES, A.S. 2009).

Como visto neste trabalho, a análise do grau de conversão dos cimentos resinosos pode ser realizada de forma direta ou indireta. Tendo em vista que um maior grau de conversão do polímero leva a um aumento das suas propriedades mecânicas, incluindo uma maior dureza (ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT 2001; LOVELL, L. G. et al. 2001), essas metodologias mensuram o grau de conversão de uma maneira indireta. Entretanto, estas propriedades também dependem da densidade da rede polimérica (ciclização e ligações cruzadas), que não é equivalente ao grau de conversão (FARIA E SILVA, A.L. 2006).

Neste contexto, entram em evidência as metodologias que avaliam o grau de conversão de forma direta (IR, FT-IR, Raman, FT-Raman, RPE, entre outras). Na literatura existem trabalhos utilizando as espectroscopias vibracionais para avaliação do grau de conversão, tanto de cimentos resinosos, como de compósitos restauradores. (FERRACANE, J. L. 1985; PIANELLI, C. et al. 1999; SHIN, W. S. et al. 1993; SGARBI, S.C. 2006; LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; SHADMAN, N. et al. 2012). Todavia, trabalhos utilizando a espectroscopia eletrônica são escassos, já que esta metodologia tem como desvantagem o custo do aparelho e não fornece de forma prática o grau de conversão.

A metodologia eleita para comparar o grau de conversão entre os grupos experimentais e de controle foi a Espectroscopia de Ressonância Paramagnética Eletrônica, um método direto não destrutivo e reprodutível que analisa o sinal de radicais livres decorrentes do processo de polimerização (FONTES, A.S. 2009; TRUFFIER-BOUTRY, D. et al. 2006). A análise quantitativa do grau de conversão do compósito não foi possível devido a algumas limitações deste estudo, porém, propôs-se a realizar uma comparação qualitativa do sinal de radicais livres, a partir dos gráficos gerados com a leitura das amostras. Uma vez que os radicais livres são produzidos a partir do processo de polimerização, quanto maior sua concentração mais forte será o sinal de ressonância gerado por ele.

A validade da metodologia pode ser evidenciada ainda pelo gráfico 5.7, onde se comparou os grupos de controle positivo e negativo. A presença dos radicais metacrilato indicada pelos picos intermediários na média do grupo C+, em confronto com a linearidade da média do grupo C- indica que o compósito irradiado com luz do aparelho fotopolimerizador, gera uma espécie detectável pela Ressonância Paramagnética Eletrônica.

Analisando o gráfico 5.6, a metodologia também se apresenta válida, pois a amplitude do sinal não é a mesma nas diferentes condições experimentais. Varia-se a condição do grupo, e também muda a amplitude do sinal ressonante dos radicais livres.

6.2 Discussão dos resultados.

Os cimentos resinosos duais foram desenvolvidos com o objetivo de reunir as características favoráveis dos cimentos quimicamente ativados com as dos fotoativados (PEGORARO, T. A.; DA SILVA, N. R. F. A.; CARVALHO, R. M. 2007), com maior tempo de trabalho quando comparados ao de cura química, além de propiciar suficiente grau de conversão mesmo na ausência de luz. Assim, quando empregados para a cimentação de pino de fibra de vidro, a translucidez apresentada pelo mesmo possibilita a condução da luz e, conseqüentemente, a polimerização do cimento em toda a extensão do canal radicular (LUI, J.L. 1994; LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; ROBERTS, H. W. et al. 2004; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; CEBALLOS, L. et al 2007; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007; MORGAN, L. F. S. A. et al. 2008; GALHANO, G. A. et al. 2008; SHADMAN, N. et al. 2012).

A análise dos radicais livres gerados no processo de polimerização dos materiais resinosos é um dos métodos para se avaliar o grau de conversão dos compósitos odontológicos. Inicialmente, no grupo de controle positivo, onde as amostras foram diretamente irradiadas pela fonte de luz fotoativadora, é possível observar três grandes picos de intensidade do sinal dos radicais metacrilato e metacrilato alílico. Este forte sinal é semelhante ao encontrado por FONTES, A.S. (2009) e ao modelo teórico proposto por TRUFFIER-BOUTRY, D. et al. (2006). Indicando que, sob as condições em que este grupo foi preparado, a geração de radicais livres foi a máxima possível.

Por outro lado, tem-se o grupo de controle negativo, onde não houve nenhum sinal ressonante da amostra, pois esta consistia de um compósito restaurador sem nenhuma ativação. Fora visto apenas o sinal do óxido de magnésio dopado com manganês (MgO:Mn^{2+}), que correspondem aos dois únicos picos do controle negativo. Este grupo, não apresentando nenhum sinal, confirma a teoria que a geração dos radicais em um composto dependente unicamente da luz para sua polimerização e, portanto, só ocorre mediante a exposição do mesmo a uma fonte fotoativadora (SANTOS, M. J. M. C.; SOUZA JUNIOR., M. H. S.; MONDELLI, R. F. L. 2002).

Quando se comparam os grupos experimentais com o grupo de controle positivo, ou seja, a efetividade dos pinos de fibra de vidro em transmitir luz por todo o seu comprimento, de imediato já é possível identificar uma queda considerável na amplitude da intensidade do sinal de radicais gerados. Tal fato, embora se confirme não pode ser comparado diretamente com a literatura, pela escassez de trabalhos analisando esta grandeza. Entretanto, quando levadas em conta as pesquisas que analisaram diretamente de forma quantitativa o grau de conversão (SHADMAN, N. et al. 2012; LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. 2003; FARIA E SILVA, A. L. et al. 2007) e indiretamente (ROBERTS, H. W. et al. 2004; YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. 2005; CEBALLOS, L. et al 2007; GALHANO, G. A. et al. 2008), a diferença entre um controle e os grupos experimentais com pinos de fibra de vidro também está presente.

Analisando a partir de então, apenas os grupos experimentais, de acordo com o gráfico 5.8, numa comparação das intensidades médias de G1, G2 e G3, é possível observar que os grupos cujo pino de fibra de vidro dispunha de um comprimento de 4 e 6 milímetros respectivamente (G1 e G2) apresentaram médias se sobrepondo nos gráficos, indicando a possibilidade de não haver diferença quantitativa do grau de conversão destes compósitos. A amplitude de ambos foi semelhante, e os picos intermediários, em relação aos picos do padrão de manganês mantiveram-se nos mesmos níveis.

Contudo, o terceiro grupo experimental, que apresentava um pino de fibra de vidro no comprimento de 8 mm, teve sua média evidentemente diferente dos demais grupos G1 e G2. Com uma amplitude menor e picos intermediários

consideravelmente inferiores ao padrão e manganês. Este grupo quando comparado aos grupos controle, tem seu gráfico mais semelhante à uma linha reta como o grupo C-, do que amplas variações de intensidade como as apresentadas pelo grupo C+. Esta redução na intensidade do sinal, por conseguinte, da concentração dos radicais metacrilato, corrobora os achados de YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. (2005); ROBERTS, H. W. et al. (2004); LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. (2003); FARIA E SILVA, A. L. et al. (2007); CEBALLOS, L. et al (2007); GALHANO, G. A. et al. (2008); MORGAN, L. F. S. A. et al. (2008); SHADMAN, N. et al. 2012; entre outros, pois estes trouxeram a tona o fato de que com o aumento do comprimento do pino, e da distancia da fonte de luz, o grau de conversão do compósito fotopolimerizável utilizado em cada experimento também decaiu.

Em função de não ter sido encontrado trabalho na literatura até o presente momento que correlacionasse o grau de conversão de compósitos odontológicos com a interpretação qualitativa do sinal de radicais livres produzidos pelo processo de polimerização, sugerimos que os resultados obtidos neste estudo possam ter sua continuidade em um trabalho futuro, com a transformação matemática em uma análise quantitativa, bem como ser confrontados por futuras pesquisas.

CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

Dentro das limitações deste estudo, se pode chegar à seguinte conclusão:

- Há um decaimento no grau de conversão do compósito estudado em função do aumento no comprimento do pino de fibra de vidro.

8 REFERÊNCIAS

- AKKAYAN, B.; GÜLMEZ, T. Resistance to fracture of endodontically treated teeth restored with different post systems. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 87, n. 4, p. 431-7, abr. 2002.
- ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A. Influence of selected components on crosslink density in polymer structures. **Eur J Oral Sci.**, v. 109, n.4, p.282-285. 2001.
- ASMUSSEN, E.; PEUTZFELDT, A; HEITMANN, T. Stiffness, elastic limit, and strength of newer types of endodontic posts. **Journal of dentistry**, v. 27, n. 4, p. 275-8, maio. 1999.
- BATEMAN, G.; RICKETTS, D. N. J.; SAUNDERS, W. P. Fibre-based post systems: a review. **British dental journal**, v. 195, n. 1, p. 43-8; discussion 37, 12 jul. 2003.
- BOSCHIAN PEST, L. et al. Adhesive post-endodontic restorations with fiber posts: push-out tests and SEM observations. **Dental materials**, v. 18, n. 8, p. 596-602, dez. 2002.
- BOUILLAGUET, S. et al. Microtensile bond strength between adhesive cements and root canal dentin. **Dental materials**, v. 19, n. 3, p. 199-205, maio. 2003.
- BRAGA, R. R.; CESAR, P. F.; GONZAGA, C. C. Mechanical properties of resin cements with different activation modes. **Journal of oral rehabilitation**, v. 29, n. 3, p. 257-62, mar. 2002.
- CAGIDIACO, M. C. et al. Clinical studies of fiber posts: a literature review. **The International journal of prosthodontics**, v. 21, n. 4, p. 328-36, 2008.
- CALDARELLI, P. G. et al. Aparelhos fotopolimerizadores: evolução e aplicação clínica - uma revisão da literatura. **Odontol. Clín.-Cient.**, Recife, v.10, n.4, p.317-321. 2011.
- CALIXTO, L. R. et al. Effect of resin cement system and root region on the push-out bond strength of a translucent fiber post. **Operative dentistry**, v. 37, n. 1, p. 80-6, 2012.
- CARVALHO, R.M. Sistemas adesivos: fundamentos para aplicação clínica. **Biodonto**. v.2, n.1, p.58-64. 2004.
- CEBALLOS, L. et al. Mechanical characterization of resin cements used for luting fiber posts by nanoindentation. **Dental materials**, v. 23, n. 1, p. 100-5, jan. 2007.
- ERASLAN, O. et al. The finite element analysis of the effect of ferrule height on stress distribution at post-and-core-restored all-ceramic anterior crowns. **Clinical oral investigations**, v. 13, n. 2, p. 223-7, jun. 2009.
- FARIA E SILVA, A. L. et al. Influence of fiber-post translucency on the degree of conversion of a dual-cured resin cement. **Journal of endodontics**, v. 33, n. 3, p. 303-5, mar. 2007.

- FARIA E SILVA, A.L. **Influência do grau de conversão do cimento e do procedimento adesivo na retenção de pinos intra-radiculares**. 2006. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) - Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba.
- FARIA, A. C. L. et al. Endodontically treated teeth: characteristics and considerations to restore them. **Journal of prosthodontic research**, v. 55, n. 2, p. 69-74, abr. 2011.
- FERNANDES, A. S.; SHETTY, S.; COUTINHO, I. Factors determining post selection: a literature review. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 90, n. 6, p. 556-62, dez. 2003.
- FERRACANE, J. L. Correlation between hardness and degree of conversion during the setting reaction of unfilled dental restorative resins. **Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 1, n. 1, p. 11-4, fev. 1985.
- FERRACANE, J. L. et al. Wear and marginal breakdown of composites with various degrees of cure. **Journal of Dental Research**, Washington, v. 76, p. 1508-1516, 1997.
- FONTES, A.F. **Aplicação da espectroscopia de ressonância paramagnética eletrônica e técnicas complementares no estudo dos compósitos restauradores fotopolimerizáveis**. 2009. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina.
- FONTES, A.S. et al. Avaliação do comportamento de radicais livres e desempenho mecânico de compósitos restauradores dentais comerciais por ressonância paramagnética eletrônica (RPE) combinada às análises convencionais. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**. v.19, n.4, p.285-291. 2009.
- GALHANO, G. A. et al. Evaluation of light transmission through translucent and opaque posts. **Operative dentistry**, v. 33, n. 3, p. 321-4, 2008.
- GOMES, G. M. et al. Regional bond strengths to root canal dentin of fiber posts luted with three cementation systems. **Brazilian dental journal**, v. 22, n. 6, p. 460-7, jan. 2011.
- GORACCI, C. et al. Laboratory assessment of the retentive potential of adhesive posts: a review. **Journal of dentistry**, v. 35, n. 11, p. 827-35, nov. 2007.
- GRANDINI, S. et al. Clinical Evaluation of the Use of Fiber Posts and Direct Resin Restorations for Endodontically Treated Teeth. **Int J Prosthodont.**, v.18, p.399-404. 2005.
- HAYT JR, W, BUCK, J.A. **Eletromagnetismo**, McGraw-hill Interamericana, 7ª Edição, 2008.
- HEYDECKE, G.; PETERS, M. C. The restoration of endodontically treated, single-rooted teeth with cast or direct posts and cores: a systematic review. **The Journal of prosthetic dentistry**, v. 87, n. 4, p. 380-6, abr. 2002.
- KURACHI, C. et al. Hardness evaluation of dental composite polymerized whit experimental LED – based devices. **Dent Material**, v.17, n.4, p.309-315, 2001.

- LE BELL, A.; TANNER, J.; LASSILA, L. V. J. Depth of Light-Initiated. **The International Journal of Prosthodontics** v. 16, n. 4, p. 403-409, 2003.
- LEPRINCE, J. G. et al. New insight into the “depth of cure” of dimethacrylate-based dental composites. **Dental materials**, v. 28, n. 5, p. 512-20, maio. 2012.
- LOVELL, L. G. et al. The effect of cure rate on the mechanical properties of dental resins. **Dental materials**, v. 17, n. 6, p. 504-11, nov. 2001.
- LUI, J.L. Depth of composite polymerization within simulated root canals using light transmitting posts. **Oper Dent.**, v.19, n.5, p.165-168. 1994.
- MACEDO, V. C.; FARIA E SILVA, A. L.; MARTINS, L. R. M. Effect of cement type, relining procedure, and length of cementation on pull-out bond strength of fiber posts. **Journal of endodontics**, v. 36, n. 9, p. 1543-6, set. 2010.
- MANNOCCI, F.; FERRARI, M.; WATSON, T. F. Intermittent loading of teeth restored using quartz fiber, carbon-quartz fiber, and zirconium dioxide ceramic root canal posts. **The journal of adhesive dentistry**, v. 1, n. 2, p. 153-8, jan. 1999.
- MAZARO, J.V.Q. et al. Fatores determinantes na seleção de pinos intra-radiculares. **Revista de Odontologia da UNESP**, v.35, n.4, p.223-231, 2006.
- MONTICELLI, F.; GRANDINI, S. Translucent-Fiber Posts : A 2-Year Prospective Study. **The International Journal of Prosthodontics**, v. 16, n. 6, p. 593-597, 2003.
- MORGAN, L. F. S. A. et al. Light transmission through a translucent fiber post. **Journal of endodontics**, v. 34, n. 3, p. 299-302, mar. 2008.
- MORRIS, M. D. et al. Effects of sodium hypochlorite and RC-prep on bond strengths of resin cement to endodontic surfaces. **Journal of endodontics**, v. 27, n. 12, p. 753-7, dez. 2001.
- NUNES, T. et al. Frequência de pinos intrarradiculares utilizados em procedimentos de reconstrução dentária na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Pelotas. **Odontologic. Clin. Científic.**, v.8, n.4, p.315-318, 2009
- ÔZCAN, M. et al. Microhardness of dual-polymerized resin cement around a translucent fiber post in the intraradicular environment. **J. Conserv Dent.**, v.14, n.4, p.370-373, 2011
- ÖZKURT, Z.; ISERI, U.; KAZAZOGLU, E. Zirconia ceramic post systems: a literature review and a case report. **Dental Materials Journal**, v. 29, n. 3, p. 233-245, 2010.
- PASHLEY, D.H. Clinical correlations of dentin structure and function. **The Journal of Prosthetic dentistry**, v.66, p.777-781, 1991.
- PEDREIRA, A.P.R.V. **Análise da qualidade da polimerização e da degradação de cimentos resinosos utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro por meio de testes de microdureza.** 2007. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade de São Paulo, Bauru.

PEGORARO, T. A.; DA SILVA, N. R. F. A.; CARVALHO, R. M. Cements for use in esthetic dentistry. **Dental clinics of North America**, v. 51, n. 2, p. 453-71, x, abr. 2007.

PIANELLI, C. et al. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. **Journal of biomedical materials research**, v. 48, n. 5, p. 675-81, jan. 1999.

PIRANI, C. et al. Does hybridization of intraradicular dentin really improve fiber post retention in endodontically treated teeth? **Journal of endodontics**, v. 31, n. 12, p. 891-4, dez. 2005.

PLOTINO, G. et al. Flexural properties of endodontic posts and human root dentin. **Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials**, v. 23, n. 9, p. 1129-35, set. 2007.

PONTIUS, O.; HUTTER, J.W. Survival Rate and Fracture Strength of Incisors Restored with Different Post and Core Systems and Endodontically Treated Incisors without Coronaradicular Reinforcement. **Journal Of Endodontics**, v.28, n.10. 2002

QUALTROUGH, A. J. E.; CHANDLER, N. P.; PURTON, D. G. A comparison of the retention of tooth-colored posts. **Quintessence international**, v. 34, n. 3, p. 199-201, mar. 2003.

RADOVIC, I. et al. Light transmission through fiber post: the effect on adhesion, elastic modulus and hardness of dual-cure resin cement. **Dental materials**, v. 25, n. 7, p. 837-44, jul. 2009.

RAHIOTIS, C. et al. Curing efficiency of high-intensity light-emitting diode (LED) devices. **Journal of oral science**, v. 52, n. 2, p. 187-95, jun. 2010.

RAMOS, M.B. **Avaliação da microdureza de cimentos resinosos dual utilizados na cimentação de pinos de fibra de vidro submetidos a diferentes condições de polimerização e armazenamento em água**. 2009. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade de São Paulo, Bauru.

RIBEIRO, J.P.F. **Análise pelo método de elementos finitos, da distribuição de tensões em dente com e sem remanescente coronário, utilizando diferentes pinos intra-radiculares**. 2004. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

ROBERTS, H. W. et al. The effect of a translucent post on resin composite depth of cure. **Dental materials**, v. 20, n. 7, p. 617-22, set. 2004.

SANTOS, M. J. M. C.; SOUZA JUNIOR., M. H. S.; MONDELLI, R. F. L. Novos conceitos relacionados à fotopolimerização das resinas compostas. **JBD- Jornal Brasileiro de Dentística & Estética**, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 14-21, jan./mar.2002.

SGARBI, S.C. **Avaliação do grau de conversão de uma resina composta fotoativada por lâmpada halógena e leds, por meio de espectrometria no infravermelho e ultravioleta**. 2006. Dissertação (Mestrado em Odontologia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa.

SHADMAN, N. et al. Parameters affecting degree of conversion of dual-cure resin cements in the root canal: FTIR analysis. **Journal of Canadian Dental Association**, v. 78, p. c53, jan. 2012.

SHIN, W. S. et al. Determination of the degree of cure of dental resins using Raman and FT-Raman spectroscopy. **Dental materials**, v. 9, n. 5, p. 317-24, set. 1993.

SIGEMORI, R.M. **Resistência ao cisalhamento por extrusão de pinos intraradiculares pré-fabricados: influência do tratamento de superfície, sistema de fixação e profundidade**. 2006. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica) – Faculdade Estadual de Campinas, Piracicaba.

SOARES, C. J. et al. Longitudinal clinical evaluation of post systems: a literature review. **Brazilian dental journal**, v. 23, n. 2, p. 135-740, jan. 2012.

SOUZA, A. R. et al. Avaliação do grau de polimerização de duas resinas compostas utilizando luz halógena e dois diferentes tipos de LEDs. **RPG Rev Pós Grad.**, v.12, n.4, p.474-480, 2005

TAY, F. R. et al. Geometric factors affecting dentin bonding in root canals: a theoretical modeling approach. **Journal of endodontics**, v. 31, n. 8, p. 584-9, ago. 2005.

THEODOSOPOULOU, J. N.; CHOCHLIDAKIS, K. M. A systematic review of dowel (post) and core materials and systems. **Journal of prosthodontics**, v. 18, n. 6, p. 464-72, ago. 2009.

TRUFFIER-BOUTRY, D. et al. A physic-chemical explanation of the post-polymerization shrinkage in dental resin, **Dental Materials**, Kindlington, v. 22, p. 405-412, 2006.

YOLDAS, O.; ALAÇAM, T. Microhardness of composites in simulated root canals cured with light transmitting posts and glass-fiber reinforced composite posts. **Journal of endodontics**, v. 31, n. 2, p. 104-6, fev. 2005.

ZAMBONI, S.R.O.C. **Influência de dois tipos de retentores intraradiculares e do tipo de coroa total na resistência e modo de fratura de raízes de incisivos superiores**. 2010. Tese (Odontologia Restauradora) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José dos Campos.