



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Araçatuba

**MARIANA ELIAS QUEIROZ**

**Influência da espessura e diferentes graus de opacidade do  
dissilicato de lítio no grau de conversão e resistência de união de  
cimentos resinosos**

ARAÇATUBA  
2022

**MARIANA ELIAS QUEIROZ**

**Influência da espessura e diferentes graus de opacidade do  
dissilicato de lítio no grau de conversão e resistência de união de  
cimentos resinosos**

Dissertação apresenta à Faculdade de Odontologia de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Odontologia – Área de Concentração em Prótese Dentária.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos

ARAÇATUBA  
2022

Catálogo na Publicação (CIP)

Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação – FOA / UNESP

Q3i	<p>Queiroz, Mariana Elias. Influência da espessura e diferentes graus de opacidade do dissilicato de lítio no grau de conversão e resistência de união de cimentos resinosos. – Araçatuba, 2022 54 f. : il.; tab.; graf.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia de Araçatuba Orientador: Prof. Paulo Henrique dos Santos.</p> <p>1. Materiais dentários 2. Cimentos de resina 3. Porcelana dental 4. Polimerização I.T.</p> <p>Black D3 CDD 617.64</p>
-----	--

Ana Claudia M. Grieger Manzatti CRB-8/6315

*Dedicatoria*

*Aos meus pais, Alfredo Franco Queiroz e Deise Regina Elias Queiroz, por quem eu tenho profunda admiração. Independente das minhas escolhas, sempre pude contar com o incentivo e apoio incondicional de vocês. Tudo que eu sou e conquistei até hoje, devo a vocês.*

*Agradecimentos  
Especiais*

## AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Paulo Henrique dos Santos*, primeiramente pela confiança que depositou em mim para a execução desse e de outros trabalhos. Obrigada por toda paciência com a qual o senhor conduziu os meus primeiros passos na pós graduação, por todas as oportunidades que me deu ao longo desses dois anos, por estar sempre disponível para solucionar as minhas dúvidas, mas principalmente pela sua dedicação em passar conhecimento. Me sinto privilegiada por ter sido orientada por um professor que hoje é para mim um exemplo de profissional e competência. Espero continuar aprendendo e contando com o senhor.

Ao meu namorado, *Eduardo Dallazen*, pela parceria, paciência e carinho principalmente nesses dois últimos anos. Obrigada pelas conversas, pelos conselhos e por estar comigo não só nos momentos de felicidade, mas também nos dias ruins onde tudo parecia dar errado. A vida fica mais fácil com você ao meu lado. Espero que essa seja uma de muitas conquistas que eu possa comemorar junto com você.

Ao meu irmão, *Matheus Elias Queiroz*, pela amizade, atenção e pelos momentos de descontração. Obrigada por se fazer presente mesmo de longe, tendo você sei que nunca estarei sozinha.

À minha amiga, *Mariana Sati Cantalejo Tsutsumi*, pelo companheirismo durante esses dois últimos anos. Obrigada por toda a ajuda com esse e outros trabalhos, por todas as nossas conversas, pelas palavras de apoio, risadas, caronas para o campus e também pelos bolos, almoços e cafés. Sua companhia deixou o meu dia a dia na pós-graduação muito mais leve. Sempre me lembrarei desses momentos com muito carinho e espero ter sua amizade para o resto da vida.

À minha amiga *Dra. Ana Teresa Maluly Proni*, pelo acolhimento desde o primeiro dia do mestrado. Sou grata por todas as orientações, dicas, ensinamentos, por confiar em mim para participar dos seus trabalhos e principalmente pela sua disponibilidade em me ajudar a qualquer momento. Nossa convivência e nossas conversas foram muito enriquecedoras e me agregaram muito dentro e fora da pós-graduação.

# *Agradecimientos*

## AGRADECIMENTOS

À **Deus** que me deu a vida, família, amigos, saúde e força necessária para enfrentar os desafios. Agradeço a Ele por ser meu guia e por todas as pessoas e oportunidades que coloca em meu caminho.

À **Faculdade de Odontologia do Campus de Araçatuba – UNESP**, na pessoa do diretor **Prof. Tit. Glauco Issamu Miyahara**, pelo acolhimento e por proporcionar meu aprendizado durante o curso de Mestrado.

Ao **Programa de Pós-Graduação em Odontologia**, na pessoa do coordenador **Prof. Dr. Wirley Gonçalves Assunção**, por incentivar a pesquisa na área da Odontologia e por acreditar no futuro dos professores e pesquisadores.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)** - Código de Financiamento 001, pela concessão de Bolsa durante os meus dois anos de Mestrado, que foi essencial para a execução desse trabalho.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, **Cristiane Regina Lui Matos, Valéria de Queiroz Marcondes Zagatto, Lilian Sayuri Mada, Eduardo Moure Cícero, Camila de Abreu Rodrigues Rosa**, que sempre me atenderam com muita gentileza e solucionaram todos os meus problemas e as minhas dúvidas com muita eficiência.

Aos **funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP**, pela disponibilidade e atenção.

Aos **Professores do curso de Pós-Graduação em Odontologia – UNESP**, pela oportunidade de crescimento e por todo conhecimento científico compartilhado.

Aos **Professores do departamento de Materiais Odontológicos e Prótese**, em especial à **Prof. Dra Aimee Maria Guiotti**, pelos conhecimentos compartilhados durante os laboratórios da graduação que tive a oportunidade de acompanhar. Ao **Prof. Dr. Wirley**

**Gonçalves Assunção** e ao **Prof. Dr. Eduardo Passos Rocha**, por enriquecerem ainda mais o meu aprendizado durante as clínicas e os seminários no Mestrado.

Ao secretário, **Jorge Luis Trevelim**, e ao servidor técnico-administrativo, **Carlos Suetake**, do departamento de Odontologia Preventiva e Restauradora, por toda disposição em ajudar e pela gentileza com que sempre me trataram.

Ao **Professor Mauro Luciano Baesso** do departamento de Física da Universidade Estadual de Maringá - UEM e às suas alunas de Pós-Graduação **Lidiane Vizioli de Castro-Hoshino** e **Monique Souza**, pela disponibilidade em me receber e pela parceria para a realização de uma análise essencial desse projeto.

À toda equipe do Professor Paulinho, **Ana Teresa Maluly Proni**, **Bruna de Oliveira Reis**, **Henrico Badaoui Strazzi Sahyon** e **Thaís Yumi Umeda Suzuki**, por todo acolhimento, gentileza, orientação e disponibilidade em me ajudar. Mesmo não conhecendo todos os membros pessoalmente, aprendi muito com cada um de vocês. Muito obrigada.

Aos alunos de iniciação científica, **Claudia Simões**, **Julia Moro**, **Murilo Torres**, **Renata Gallo** e **Ritipael Soares**, pela convivência, disponibilidade e parceria.

Às minhas colegas da pós graduação, **Érika Mayumi**, **Lara Esteves**, **Larissa Castro** e **Laura Vieira**, pela convivência e troca de experiências durante os últimos dois anos.

*Epígrafe*

***“Sonhos determinam o que você quer. Ação  
determina o que você conquista.”***

***Aldo Novak***

*Resumo*

Queiroz ME. Influência da espessura e diferentes graus de opacidade do dissilicato de lítio no grau de conversão e resistência de união de cimentos resinosos (dissertação). Araçatuba: Universidade Estadual Paulista; 2022.

## RESUMO

O objetivo desse trabalho foi avaliar a influência de diferentes graus de opacidade e espessuras do dissilicato de lítio no grau de conversão de dois cimentos resinosos e na resistência de união dos mesmos à cerâmica. Duzentos e quarenta amostras cerâmicas de dissilicato de lítio (6x6 mm) foram obtidos a partir de blocos de IPS E-max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtensten), nas opacidades HT (alta translucidez), LT (baixa translucidez) e MO (média opacidade), nas espessuras de 0,3 mm, 0,7 mm, 1,2mm, 1,7 mm, 2,0 mm. Para as análises do grau de conversão (n=9) e resistência de união (n=8) foram utilizados um cimento de ativação física (Variolink Esthetic LC) e um cimento dual (Multilink N). Para análise do grau de conversão, as amostras de cimento foram fotoativadas sob as amostras de cerâmica e levadas a um espectrômetro Raman confocal. Para o teste de resistência de união foram confeccionados cilindros de cimento resinoso sobre as amostras cerâmicas e submetidos ao ensaio de microcisalhamento. Os resultados mostraram que o aumento das espessuras causou diminuição no grau de conversão dos dois cimentos em todas as condições estudadas, porém só influenciou negativamente a resistência de união do cimento Variolink Esthetic LC quando unido à cerâmica na opacidade MO. Na comparação entre as opacidades, de maneira geral, a cerâmica de maior translucidez HT apresentou maiores valores de grau de conversão em comparação às outras opacidades. Já para resistência de união, em algumas espessuras as cerâmicas LT e MO apresentaram os maiores valores. O cimento dual Multilink N apresentou os maiores valores nas duas análises comparado ao cimento fotoativado Variolink Esthetic LC. Portanto, o aumento da espessura e da opacidade do material cerâmico podem promover uma diminuição no grau de conversão do cimento. A resistência de união também sofre uma diminuição com o aumento da espessura de cerâmicas mais opacas. No entanto, a maior translucidez do material não garante valores mais altos dessa mesma propriedade.

**Palavras-chave:** Materiais dentários. Cimentos de resina. Porcelana dental. Polimerização.

*Abstract*

Queiroz ME. Influence of thickness and different degrees of opacity of lithium disilicate on the degree of conversion and bond strength of resin cements (dissertation). Araçatuba: State University of São Paulo; 2022.

## **ABSTRACT**

This research aims to evaluate the influence of different degrees of opacity and thicknesses of lithium disilicate on the degree of conversion of two resin cements and on their bond strength to the ceramic. Two hundred and forty lithium disilicate ceramic samples (6x6 mm) were obtained from IPS E-max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtensten), in HT, LT and MO opacities, with thicknesses of 0.3 mm, 0.7 mm, 1.2 mm, 1.7 mm, 2.0 mm. For degree of conversion (n=9) and bond strength analysis (n=8) a light cured (Variolink Esthetic LC) and a dual cured resin cement (Multilink N) were used. To analyze the degree of conversion, the cement samples were light cured under the ceramic samples and taken to a confocal Raman spectrometer. For the bond strength test, resin cement cylinders were made on the ceramic samples that were later subjected to a microshear. The results showed that the increase in thickness caused a decrease on degree of conversion of both cements in all the conditions studied, but it only had an influence on bond strength of Variolink LC cement for MO ceramic. Comparing the opacities, for the degree of conversion, the most translucent ceramics had higher conversion values compared to the less translucent ones in some thicknesses. As for bond strength, in some thicknesses the LT and MO ceramics showed the highest values. The dual cement Multilink showed the highest values of conversion degree and bond strength compared to Variolink Esthetic LC light-cured cement. The Multilink dual cement showed the highest values in both analyzes compared to the Variolink LC light-cured cement. Therefore, increasing the thickness and opacity of the ceramic material can promote a decrease in the degree of cement conversion. The bond strength also suffers a decrease with increasing thickness of more opaque ceramics and the greater translucency of the material does not guarantee higher values of this same property.

**Keywords:** Dental materials. Resin cement. Dental porcelain. Polymerization.

# *Lístas e Sumário*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxograma	26
FIGURA 2 - Desenho esquemático da obtenção das amostras	28
FIGURA 3 - Desenho esquemático da análise do grau de conversão	28
FIGURA 4 - Espectros Raman das amostras de Multilink N (M) e Variolink Esthetic LC (V) evidenciando os picos alifático ( $1639\text{ cm}^{-1}$ ) e aromático ( $1609\text{ cm}^{-1}$ ), antes e após a fotoativação utilizando os blocos cerâmicos de diferentes espessuras e opacidades	30
FIGURA 5 - Desenho esquemático da análise da resistência de união	32
FIGURA 6 - Falha Mista	39
FIGURA 7 - Falha adesiva	39
FIGURA 8 - Falha coesiva no cimento	40

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Materiais usados no estudo	27
TABELA 2 - Grau de conversão ( $\% \pm$ desvio padrão) dos cimentos Variolink Esthetic LC e Multilink fotoativados através das diferentes espessuras e opacidades do dissilicato de lítio (e.max CAD)	36
TABELA 3 - Valores de resistência de união dos cimentos Variolink Esthetic LC e Multilink fotoativados através das diferentes espessuras e opacidades do dissilicato de lítio (e.max CAD)	37

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Classificação das falhas após a análise de resistência de união (%) para amostras do cimento Variolink Esthetic LC	38
GRÁFICO 2 - Classificação das falhas após a análise de resistência de união (%) para amostras do cimento Multilink	38
GRÁFICO 3 - Média da variação máxima de temperatura das amostras de Multilink N (M) e Variolink Esthetic LC (V) em função das espessuras dos blocos cerâmicos de HT, LT e MO. Cada ponto representa a média de 2 amostras por grupo	41

## LISTA DE ABREVIATURAS

A	Área
ANOVA	Análise de Variância
°C	Grau Celsius
CAD	Projeto assistido por computador (Computer-aided design)
cm <sup>2</sup>	Centímetro quadrado
Dr.	Doutor
et al.	Colaboradores
F	Força
HT	Alta translucidez
LED	Diodo Emissor de Luz
LT	Baixa translucidez
Ltd	Limitada
MO	Média Opacidade
MPa	Mega Pascal
MT	Média Translucidez
mm	Milímetro
mW	MiliWatt
µm	Micrômetro
nm	Nanômetro
R	Razão
Ru	Resistência de união
s	Segundos
SP	São Paulo
USA	Estados Unidos da América
®	Marca registrada
α	Alpha
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	22
2 MATERIAIS E MÉTODO	26
2.1 Delineamento Experimental	26
2.2 Preparo das amostras	27
2.3 Análise do Grau de Conversão	28
2.4 Análise da Resistência de União	30
2.5 Análise da Variação Térmica	33
2.6 Análise Estatística	33
3 RESULTADOS	35
4 DISCUSSÃO	43
5 CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	51

# *Introdução*

## 1 INTRODUÇÃO

A demanda por restaurações estéticas tem resultado em uma crescente busca por materiais que possuam a capacidade de mimetizar a estrutura dental, onde as cerâmicas odontológicas apresentam posição de destaque, em virtude de sua constante evolução nos últimos anos. Estas têm sido amplamente utilizadas na confecção de restaurações indiretas, uma vez que esse material possui propriedades como estabilidade de cor, resistência a abrasão, dureza e biocompatibilidade que proporcionam a produção de restaurações funcionais e esteticamente satisfatórias.<sup>1,2</sup>

O resultado final de reabilitações cerâmicas não depende apenas das propriedades relacionadas a este material, mas também das propriedades pertinentes aos agentes de união. Os cimentos resinosos, por exemplo, são os materiais mais utilizados para cimentação de restaurações cerâmicas por apresentarem melhor resistência adesiva, menor microinfiltração, menor solubilidade em meio aquoso e biocompatibilidade em comparação a outros tipos de cimentos. Qualquer fator que interfira nas propriedades desses agentes de união, também pode comprometer a longevidade das restaurações indiretas.<sup>3-6</sup>

Os cimentos resinosos utilizados atualmente podem apresentar diferentes tipos de polimerização, sendo classificados em cimentos resinosos autopolimerizáveis, aqueles que possuem ativação química, cimentos resinosos fotoativados, os que apresentam ativação física através da luz e cimentos resinosos duais os que possuem ativação química e física.<sup>3,7,8</sup> Tais tipos de cimento são indicados de acordo com suas características, dessa forma, os cimentos duais são mais indicados para casos onde a luz do aparelho fotopolimerizador não consegue atingir a camada de cimento com uma boa intensidade, onde a ativação química auxilia para que o cimento possa atingir uma boa polimerização.<sup>1-3,7</sup> Já os cimentos fotoativados são indicados em casos de cimentação de peças que permitam uma maior passagem de luz, uma vez que a polimerização desses cimentos depende exclusivamente da ativação física. Também apresentam, em geral, maior estabilidade de cor dos cimentos e um tempo mais extenso de trabalho.<sup>2,7,9</sup> Independente da indicação desses cimentos, é fundamental que esse material apresente uma adequada polimerização, para que dessa forma garanta boas propriedades que contribuirão para o sucesso das restaurações indiretas.<sup>10,11</sup>

Durante o processo de fotoativação do cimento através da cerâmica, uma quantidade substancial de luz pode ser perdida por absorção ou dispersão, o que justifica a existência de aparelhos fotopolimerizadores com intensidade de luz cada vez mais alta.<sup>12</sup> Algumas

pesquisas têm demonstrado que a quantidade dessa atenuação de luz depende diretamente da espessura, composição, opacidade e cor do material usado na restauração.<sup>2,12</sup> Além desses, outros fatores podem influenciar na polimerização dos cimentos resinosos como a intensidade energética da fonte de luz, comprimento de onda, tempo de aplicação e distância da fonte de energia em relação ao cimento.<sup>1</sup>

O avanço recente das técnicas restauradoras e dos protocolos de cimentação possibilitou preparos cada vez mais conservadores, além da confecção e cimentação de peças cerâmicas mais finas.<sup>13,14</sup> Nesse contexto, a cor do substrato a ser restaurado passa a ser um importante quesito na seleção do tipo e no planejamento da espessura da cerâmica, interferindo na qualidade estética final da restauração.<sup>15</sup> Apesar de alguns estudos já terem demonstrado que a diminuição de espessura da restauração favorece o processo de fotopolimerização e exerce menor influência nas propriedades do cimento resinoso<sup>13,16</sup>, do ponto de vista estético, peças cerâmicas mais delgadas podem prejudicar o mascaramento de um substrato de cor desfavorável.<sup>13</sup> Nesses casos, a utilização de cerâmicas de maior opacidade e menor translucidez se torna uma opção para proporcionar resultados mais estéticos.<sup>13</sup>

A translucidez é uma propriedade que representa a quantidade relativa de transmissão de luz ou a refletância difusa da superfície de um substrato através de um meio turvo.<sup>12</sup> Existem diferentes tipos de cerâmicas utilizadas na odontologia atualmente, com diferentes níveis de translucidez que podem ser alterados por meio da espessura da cerâmica, estrutura cristalina, saturação de cores, porosidade entre as camadas, número de ciclos de queima, tamanho das partículas cristalinas, pigmentos cerâmicos e pelo material de constituição da infraestrutura no caso de coroas.<sup>1,17</sup> Um sistema de cerâmica reforçada por dissilicato de lítio (IPS e-max CAD, Ivoclar), por exemplo, apresenta quatro níveis de translucidez diferentes que são designados para diferentes finalidades: alta translucidez (HT) indicado para pequenas restaurações; média translucidez (MT) para restaurações que requerem mais brilho que as restaurações HT e mais translucidez que as restaurações LT; baixa translucidez (LT) para restaurações maiores como coroas posteriores e média opacidade (MO) para fabricação de estruturas para preparos levemente descoloridos.<sup>18</sup>

A variação da translucidez é uma ferramenta útil na busca pela mimetização do elemento dental, principalmente em casos de preparos conservadores onde é necessário um mascaramento adequado do substrato. No entanto, é uma propriedade da cerâmica que merece atenção se uma cimentação adesiva com cimento resinoso fotopolimerizável é pretendida, uma vez que o nível de translucidez pode interferir na passagem de luz e conseqüentemente

na polimerização desse cimento.<sup>2,12,13,19</sup> Entretanto, ainda não existe um consenso sobre o quanto a diminuição da transmissão de luz através das diferentes opacidades e espessuras da cerâmica pode impactar nas propriedades do agente cimentante.

Dessa maneira, considerando a importância da polimerização adequada do cimento resinoso, bem como a relevância de se estabelecer um consenso quanto à influência da espessura e do nível de translucidez da cerâmica no processo de polimerização, o objetivo desse trabalho foi analisar a influência da variação de espessura e de diferentes graus de opacidade da cerâmica de dissilicato de lítio no grau de conversão e variação de temperatura de diferentes cimentos resinosos e na resistência de união desses cimentos à cerâmica. As hipóteses nulas testadas foram: (1) Diferentes espessuras da cerâmica de dissilicato de lítio não causariam alteração no grau de conversão do cimento resinoso e na resistência adesiva do mesmo; (2) Diferentes opacidades da cerâmica de dissilicato de lítio não causariam alteração nas mesmas propriedades analisadas e (3) Não haveria diferença no grau de conversão e na resistência de união ao microcislhamento entre os cimentos resinosos fotoativado e de dupla ativação.

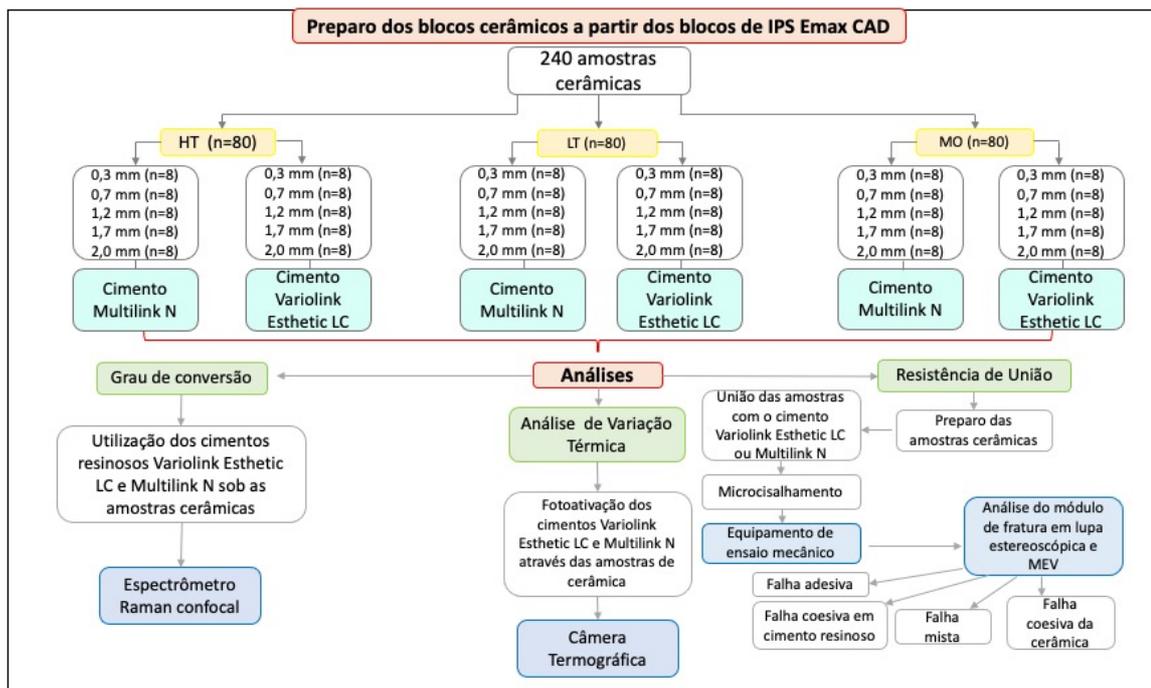
# *Materiais e Método*

## 2 MATERIAIS E MÉTODO

### 2.1 Delineamento Experimental

Neste estudo os fatores avaliados foram: opacidade da cerâmica de dissilicato de lítio em 3 níveis (HT, LT e MO), espessura em 5 níveis (0,3 mm, 0,7mm, 1,2 mm, 1,7 mm e 2,0 mm) e tipo de cimento resinoso em dois níveis (fotoativado e dual). Para cada opacidade, espessura de material e cimento a ser utilizado, oito amostras na dimensão de 6x6 mm foram confeccionadas utilizando a cerâmica de dissilicato de lítio na cor A1 (IPS e-max CAD, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtensten) (Tabela 1), obtidas em cortadeira de precisão Isomet 1000 (Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, USA). Para avaliação do grau de conversão (n=9), amostras de dois cimentos resinosos foram confeccionadas sob as diferentes cerâmicas e avaliadas em um espectrômetro Raman confocal. O teste de resistência de união (n=8) foi realizado através do ensaio de microcissalhamento (MPa). A avaliação da variação de temperatura dos cimentos resinosos foi realizada por meio de uma câmera termográfica durante a fotoativação dos mesmos através das diferentes espessuras e opacidades da cerâmica. Os três princípios básicos da experimentação foram respeitados (repetição, aleatorização e blocagem). Além disso, a microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para análise da superfície da cerâmica após a fratura (Figura 1).

FIGURA 1 - Fluxograma



Fonte: Autor, 2022

TABELA 1 - Materiais usados no estudo

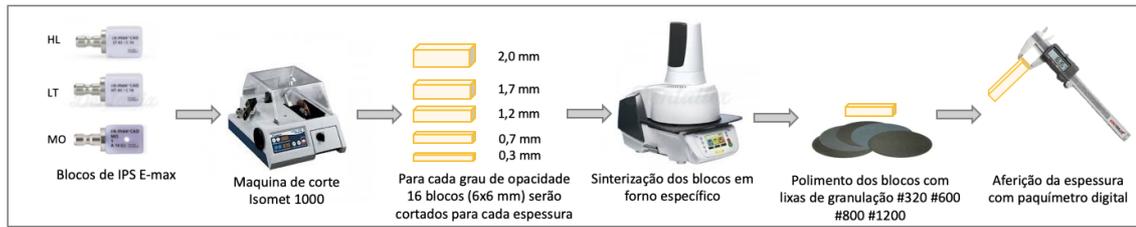
Nome	Material	Fabricante	Composição	Lote
<b>Variolink Esthetic (LC)</b>	Cimento Fotoativado	Ivoclar-Vivadent	Monômeros de dimetacrilato de uretano, partículas de carga, pigmentos, iniciadores e estabilizadores.	Lot.Y3604 8
<b>Multilink N</b>	Cimento Dual	Ivoclar-Vivadent	Dimetacrilato e HEMA, vidro de bário, trifluoreto de itérbio, óxidos mistos esferoidais, iniciadores, estabilizadores e pigmentos.	Lot. X36488 Lot. Z00WJG
<b>IPS e.max CAD HT/LT/MO</b>	Cerâmica Vítrea reforçada por dissilicato de lítio	Ivoclar-Vivadent	Sílica, Óxido de Lítio, Óxido de Potássio, Dióxido de Zircônio e Óxido de Alumínio.	Lot. X50772 X15586

Fonte: Autor, 2022

## 2.2 Preparo das amostras

Duzentos e quarenta amostras cerâmicas (6x6mm) de dissilicato de lítio foram obtidas a partir de blocos de IPS E-max CAD na cor A1 (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) em cortadeira metalográfica Isomet 1000 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, EUA) sob alta refrigeração. Foram confeccionadas oitenta amostras para cada opacidade da cerâmica de dissilicato de lítio (HT, LT, MO), sendo 16 para cada espessura (0,3 mm, 0,7 mm, 1,2 mm, 1,7 mm, 2,0 mm). Após a obtenção das amostras, as mesmas foram sinterizadas em forno específico (Programat EP 5000, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) a 780°C por 1 hora. Posteriormente foram polidas com lixas de granulação #320, #600, #800 e #1200 (Buehler, Lake Bluff, Illinois, EUA), limpas em cuba ultrassônica (Cristófoli, Campo Mourão, PR, Brasil) por 8 minutos entre cada lixa e ao final do processo com água destilada. A espessura final das amostras cerâmicas foi aferida com paquímetro digital (Mitutoyo, Kawasaki, Japão) (Figura 2).

**FIGURA 2 - Desenho esquemático da obtenção das amostras**

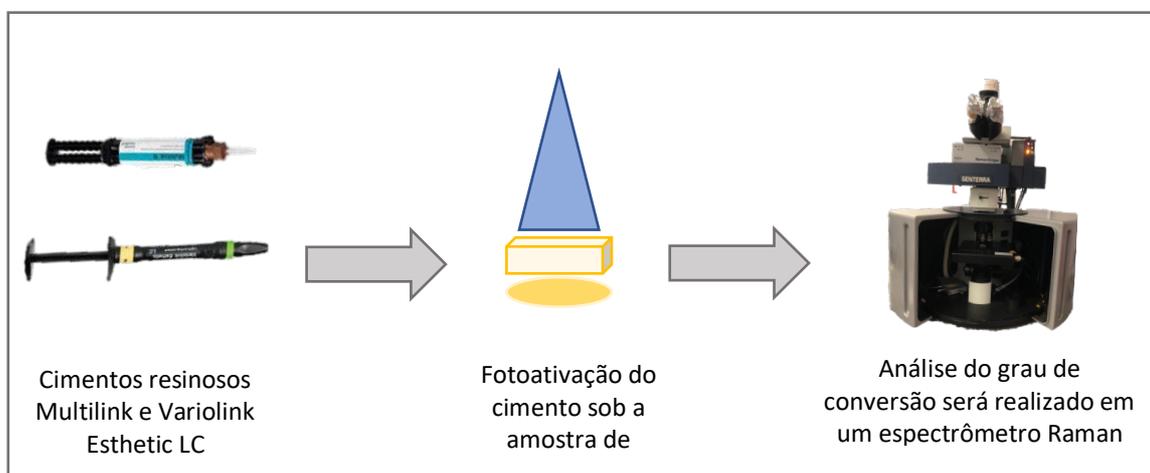


Fonte: Autor, 2022

### 2.3 Análise do Grau de Conversão

Para análise do grau de conversão, foram confeccionadas amostras dos cimentos resinosos fotoativado Variolink Esthetic LC cor Neutral (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) e de dupla ativação Multilink N (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) (n=9) utilizando uma matriz de silicone. A matriz foi confeccionada com um espaço de 0,1 mm de profundidade, o qual foi preenchido com uma pequena quantidade de cada cimento resinoso. A amostra de cimento foi coberta por uma tira de poliéster seguido pelas amostras cerâmicas de diferentes espessuras e opacidades, e por fim foi feita a fotoativação do cimento através da cerâmica com o aparelho fotopolimerizador LED polywave Valo® (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) durante 40 segundos na potência *Standard* com irradiância de 1000 mW/cm<sup>2</sup>. As amostras de 0,1 mm de espessura de cimento foram removidas da matriz e armazenadas em recipiente escuro durante 24 horas. As amostras foram levadas até a base do microscópio com a face irradiada voltada para cima onde a análise do grau de conversão do cimento resinoso foi realizada por meio de um espectrômetro Raman confocal (Senterra, Bruker Optik GmbH) (Figura 3).

**FIGURA 3 - Desenho esquemático da análise do grau de conversão**



Fonte: Autor, 2022

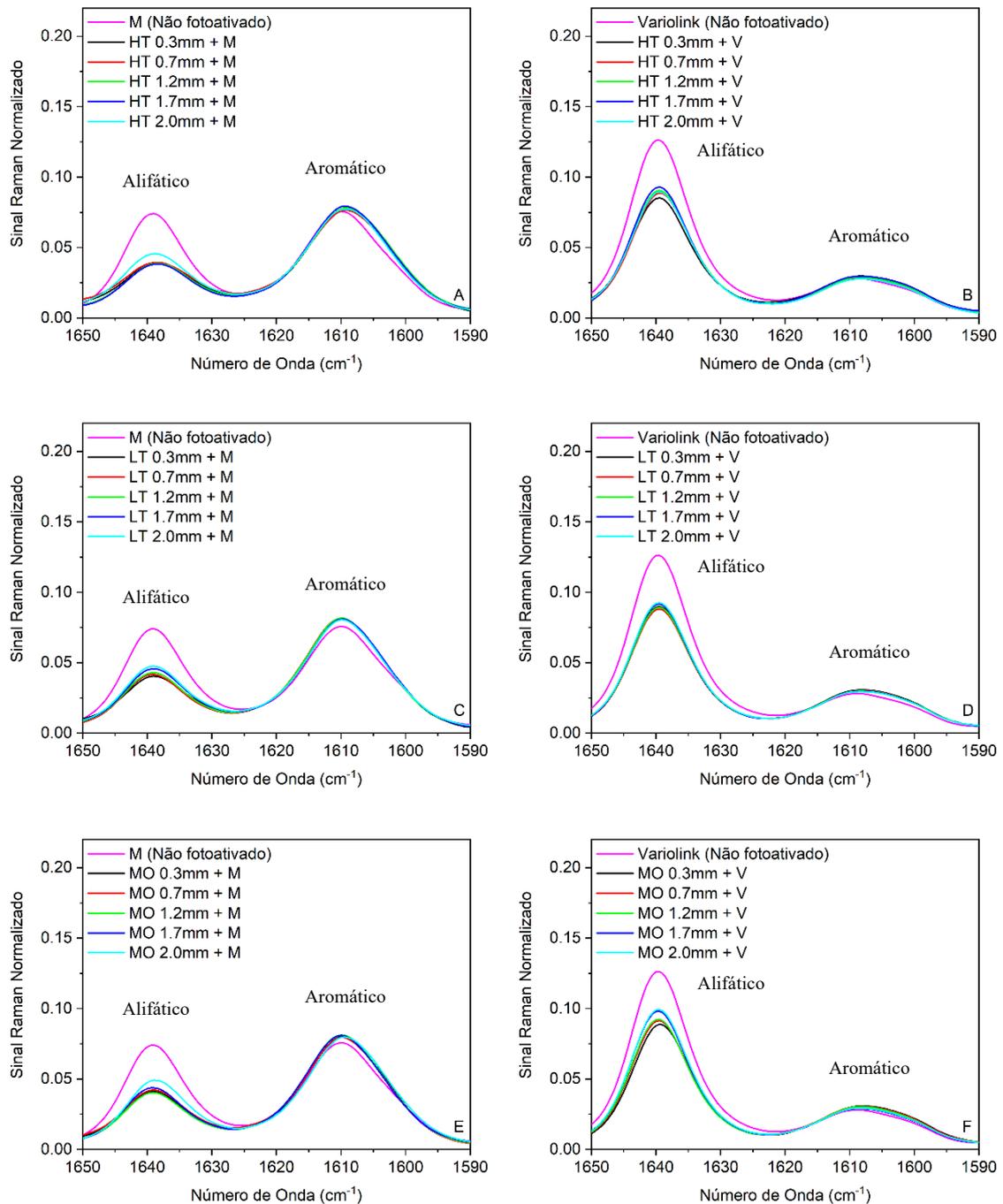
As medidas foram feitas na face irradiada da amostra de cimento, selecionando 3 pontos. Foi utilizado laser de excitação em 532 nm e potência nominal de 20 mW, sendo focado na amostra por uma lente objetiva de magnitude de 20x. A abertura confocal selecionada foi uma fenda retangular de 50x1000  $\mu\text{m}$  para obter maior contribuição da amostra. Cada espectro consistia de uma média de 20 varreduras com 3s de tempo de integração, resolução espectral de 3-5  $\text{cm}^{-1}$  na região entre 1740 - 290  $\text{cm}^{-1}$ .

Para calcular o grau de conversão, foi necessária a determinação das intensidades relativas do cimento não polimerizado. Para isso, amostras dos dois cimentos resinosos não polimerizados foram inseridas em uma matriz, para a realização da leitura do material resinoso no aparelho. O cálculo do grau de conversão foi feito avaliando a razão das áreas das bandas alifática (1639  $\text{cm}^{-1}$ ) e aromática (1609  $\text{cm}^{-1}$ ) dos cimentos não polimerizados e polimerizados (Figura 4). Os valores do grau de conversão foram obtidos através da seguinte equação matemática<sup>20</sup>:

$$\text{GC (\%)} = 100 \cdot [1 - (\text{R polimerizado} / \text{R não-polimerizado})]$$

Onde R representa a razão entre os picos do cimento polimerizado e não polimerizado respectivamente.

**FIGURA 4 - Espectros Raman das amostras de Multilink N (M) e Variolink Esthetc LC (V) evidenciando os picos alifático (1639  $\text{cm}^{-1}$ ) e aromático (1609  $\text{cm}^{-1}$ ), antes e após a fotoativação utilizando os blocos cerâmicos de diferentes espessuras nas opacidades HT, LT e MO**



Fonte: Autor, 2022

## 2.4 Análise da resistência de união

Para o ensaio de resistência de união, as cerâmicas de dissilicato de lítio medindo 6mm x 6mm com as diferentes espessuras e opacidades (n=16) foram selecionadas. A superfície das cerâmicas foi condicionada com ácido fluorídrico 5% (FGM, Joinville, SC,

Brasil) por um período de 20 segundos.<sup>21</sup> Em seguida, a superfície condicionada foi lavada com jato de ar/água, para remoção dos resíduos resultantes do condicionamento ácido, e seca com jatos de ar. O agente silano Monobond Plus (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) foi aplicado na face interna da peça condicionada de forma ativa por 60 segundos.

As amostras cerâmicas foram então divididas em dois grupos, de acordo com o cimento resinoso utilizado (n=8). Uma matriz de silicone de condensação denso (Futura AD, DFL, Rio de Janeiro, Brasil), previamente confeccionada, contendo dois orifícios de diâmetro interno e altura de aproximadamente 1mm cada foi posicionada sobre cada amostra cerâmica e fixada com auxílio de uma fita dupla face. Seus orifícios foram preenchidos com os cimentos resinosos fotoativado Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) e de dupla ativação Multilink N (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) com auxílio de uma ponta de aplicação. A amostra de cerâmica unida a matriz de silicone preenchida com o cimento foi levada à superfície de um dispositivo confeccionado por meio de um software digital e impresso em impressora 3D. Esse dispositivo possibilitou a fotoativação do cimento através da cerâmica, com uma distância padronizada entre a amostra e a ponta ativadora do fotopolimerizador. Em seguida, o conjunto foi fotoativado por 40 segundos com o fotopolimerizador LED polywave Valo® (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) na potência *Standard* com intensidade de luz de 1000mW/cm<sup>2</sup>. A fotoativação foi realizada com a ponteira do fotopolimerizador em contato com o lado da superfície cerâmica oposto ao dos cilindros de cimento resinoso, em ambiente escuro, de maneira que a única luz a atingir o cimento resinoso, foi aquela proveniente do aparelho fotoativador. Foram confeccionados dois cilindros em cada bloco cerâmico com espaçamento de 1 mm entre eles. Posteriormente a matriz de silicone foi removida com auxílio de uma lâmina de bisturi de maneira cuidadosa e as amostras foram armazenadas em estufa a 37°C (modelo ECB-2. Adamo, Piracicaba, SP, Brasil) por 24 horas antes da realização do ensaio mecânico.

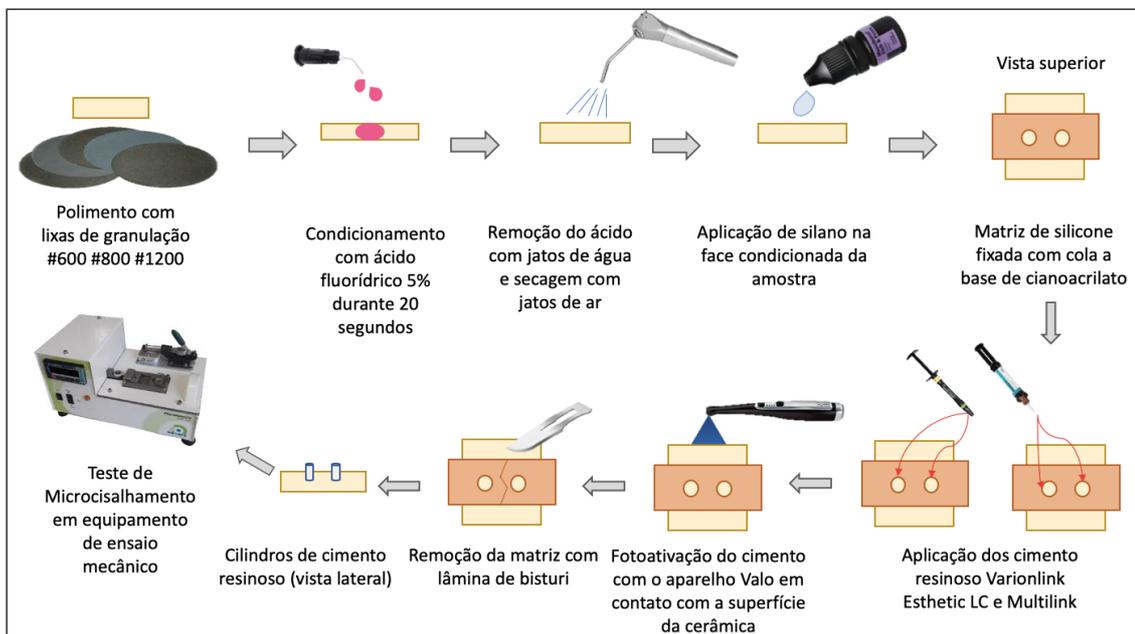
Para o teste de microcisalhamento,<sup>22-24</sup> foram confeccionados cilindros de resina acrílica (JET Artigos Odontológicos Clássico Ltda, São Paulo, SP, Brasil) com espaços confeccionados nas espessuras de 0,3 mm, 0,7 mm, 1,2 mm, 1,7 mm, 2,0 mm para o encaixe das amostras cerâmicas, nos quais as mesmas eram presas por meio de fios ortodônticos (NiCr, Morelli, Sorocaba, SP, Brasil). Os cilindros de resina contendo as amostras de cerâmica foram então fixados em um dispositivo metálico do equipamento de ensaio mecânico (OM100, Odeme Dental Research, Luzerna, SC, Brasil) (Figura 4). Um fio ortodôntico de 0,2 mm de diâmetro (NiCr, Morelli, Sorocaba, SP, Brasil) foi utilizado para

aplicar tensão aos cilindros de cimento resinoso. O equipamento foi ajustado à velocidade de 0.7 mm por minuto para avaliação da resistência de união (Figura 5). Os valores de resistência de união foram obtidos em MPa por meio da fórmula:

$$R_u = (F/A)$$

Onde  $R_u$  = resistência de união,  $F$  = força necessária para fraturar o espécime (N),  $A$  = área da interface de união em  $\text{mm}^2$ .

**FIGURA 5 - Desenho esquemático da análise da resistência de união**



Fonte: Autor, 2022

Após a fratura das amostras, as superfícies de cerâmica foram analisadas em lupa estereoscópica (Stemi SV11, Zeiss, NY, USA) nos aumentos de 6 e 66 vezes, para análise do modo de fratura. As fraturas foram classificadas em quatro grupos: (1) falha adesiva; (2) falha coesiva em cerâmica; (3) falha coesiva em cimento resinoso; e (4) falha mista. Amostras representativas de cada grupo foram fixadas em *stub* metálico, metalizadas com ouro em metalizador (Balzers SCD-050 sputter coater, Alemanha), e levadas em microscopia eletrônica de varredura (JEOL. JSM 5600LV, Tóquio, Japão) para a ilustração dos padrões de fratura.

## 2.5 Análise da variação térmica

Para análise da variação térmica ( $n=2$ ), amostras de cada uma das espessuras e opacidades da cerâmica foram posicionadas sobre o orifício de um dispositivo previamente confeccionado para padronizar a distância entre fotopolimerizador e a amostra. Sobre a amostra de cerâmica foram colocadas uma tira de poliéster e amostras dos cimentos resinosos fotoativado Variolink Esthetic LC (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein) e de dupla ativação Multilink N (Ivoclar Vivadent, Schann, Liechtenstein). Os cimentos foram cobertos por mais uma tira de poliéster e fotoativados através da cerâmica durante 40 segundos com o fotopolimerizador LED polywave Valo® (Ultradent, South Jordan, UT, EUA) na potência *Standard*. A avaliação da variação de temperatura dos cimentos resinosos durante a fotoativação foi feita utilizando uma câmera termográfica (7300, Infratec) que opera na faixa de comprimento de onda de 2 a 5,7  $\mu\text{m}$ , variação de temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$  com resolução de  $\pm 0,002\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A câmera foi montada na vertical e a amostra posicionada em sua lente focal a 25 cm para avaliação durante 300 s.

## 2.6 Análise Estatística

Os dados de grau de conversão e resistência de união dos cimentos resinosos à cerâmica foram submetidos ao teste estatístico de normalidade Shapiro-Wilk e homogeneidade de variâncias. As médias dos valores foram submetidas à ANOVA de três fatores (cimento, espessura e opacidade) e ao pós-teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ ).

*Resultados*

### 3 RESULTADOS

A Tabela 2 mostra os resultados do grau de conversão dos cimentos fotoativados através das diferentes espessuras do dissilicato de lítio nas três opacidades estudadas. Na comparação entre os cimentos, o material Multilink N apresentou maiores valores de grau de conversão em comparação ao cimento Variolink Esthetic LC em todas as condições estudadas ( $p < 0,05$ ).

Quando comparadas as espessuras, para todas as opacidades e para os dois cimentos (Tabela 2), as espessuras mais finas apresentaram maior valor de grau de conversão com diferença estatística para as espessuras maiores ( $p < 0,05$ ).

Na comparação entre as opacidades do material cerâmico (Tabela 2), para o cimento Variolink Esthetic LC, as amostras de HT, LT e MO não apresentaram diferença estatística quando o cimento foi fotoativado através das espessuras de 0,3, 0,7 e 1,2 mm ( $p > 0,05$ ). Já para as espessuras de 1,7 e 2,0 mm, as opacidades HT e LT apresentaram maior valor de grau de conversão, com diferença estatística para a MO ( $p = 0,0003$  e  $p = 0,0006$ , respectivamente). Para o cimento Multilink N, quando fotoativado nas espessuras de 0,7 e 1,2 mm, não houve diferença estatística entre as três opacidades ( $p > 0,05$ ). Nas demais espessuras, o cimento apresentou os maiores valores de grau de conversão quando a opacidade HT foi utilizada, com diferença estatística para as demais opacidades ( $p < 0,05$ ), exceto quando fotoativado através da espessura de 1,7, onde não houve diferença estatística entre as opacidades HT e MO ( $p > 0,05$ ).

**TABELA 2 - Grau de conversão (%  $\pm$  desvio padrão) dos cimentos Variolink LC e Multilink N fotoativados através das diferentes espessuras e opacidades do dissilicato de lítio (e.max CAD).**

		HT	LT	MO
<b>Variolink Esthetic LC</b>	<b>0,3</b>	45,67 $\pm$ 1,40 Aa	44,13 $\pm$ 2,42 Aa	44,48 $\pm$ 2,30 Aa
	<b>0,7</b>	41,03 $\pm$ 4,62 Ab	44,84 $\pm$ 2,42 Aa	42,65 $\pm$ 4,03 Aa
	<b>1,2</b>	40,81 $\pm$ 3,76 Ab	43,58 $\pm$ 1,74 Aa	41,10 $\pm$ 3,23 Aa
	<b>1,7</b>	39,87 $\pm$ 2,87 Ab	41,73 $\pm$ 2,36 Ab	35,83 $\pm$ 2,67 Bb
	<b>2,0</b>	41,35 $\pm$ 2,63 Ab	39,32 $\pm$ 3,11 Ab	34,73 $\pm$ 3,72 Bb
<b>Multilink N</b>	<b>0,3</b>	73,26 $\pm$ 3,70 Aa	67,82 $\pm$ 3,42 Ba	64,50 $\pm$ 2,41 Ba
	<b>0,7</b>	62,99 $\pm$ 1,53 Ab	62,97 $\pm$ 1,08 Aab	63,79 $\pm$ 2,88 Aa
	<b>1,2</b>	61,98 $\pm$ 3,05 Ab	60,77 $\pm$ 3,21 Ab	62,66 $\pm$ 1,84 Aa
	<b>1,7</b>	63,78 $\pm$ 2,02 Ab	58,97 $\pm$ 4,86 Bb	60,24 $\pm$ 1,80 ABa
	<b>2,0</b>	60,76 $\pm$ 2,52 Ab	53,76 $\pm$ 4,87 Bc	53,60 $\pm$ 6,56 Bb

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna para cada cimento, apresentam diferença estatisticamente significante ( $p < 0,05$ ).

Fonte: Autor, 2022

A Tabela 3 apresenta os valores de resistência de união dos cimentos Variolink Esthetic LC e Multilink N às diferentes espessuras e opacidades do dissilicato de lítio. Na comparação entre os cimentos, o Multilink N apresentou os maiores valores de resistência de união com diferença estatística para o Variolink Esthetic LC, exceto nas espessuras 0,3 e 1,7 nas opacidades MO e LT respectivamente, onde não houve diferença estatística entre os cimentos ( $p > 0,05$ ).

Comparando as diferentes espessuras (Tabela 3), o cimento Variolink Esthetic LC apresentou os maiores valores de resistência de união à cerâmica MO na espessura 0,3 com diferença estatística para as demais ( $p = 0,0001$ ). Para as outras condições estudadas não houve diferença estatística entre os valores de resistência de união entre as diferentes espessuras ( $p > 0,05$ ).

Quando comparadas as três opacidades, para o cimento Variolink Esthetic LC a cerâmica LT apresentou maior valor de resistência de união com diferença estatística para a HT na espessura 1,2 e para a MO na espessura de 2,0 ( $p = 0,0095$  e  $p = 0,0239$ , respectivamente). Nas demais espessuras, não houve diferença estatística entre os valores de resistência de união para esse cimento ( $p > 0,05$ ) (Tabela 3). Para o cimento Multilink N, a cerâmica MO apresentou maior valor de resistência de união comparada às demais opacidades

na espessura de 1,7 ( $p=0,0009$ ). Para as demais espessuras, não houve diferença nos valores de resistência de união entre as opacidades para esse cimento ( $p>0,05$ ).

**TABELA 3 - Valores de resistência de união dos cimentos Variolink Esthetic LC e Multilink N fotoativados através das diferentes espessuras e opacidades do dissilicato de lítio (e.max CAD)**

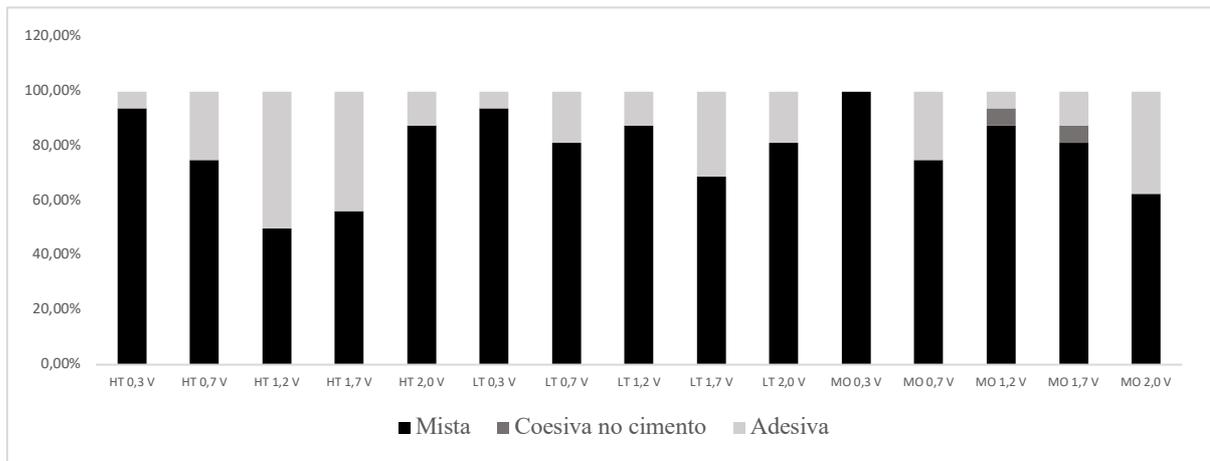
		HT	LT	MO
<b>Variolink Esthetic LC</b>	<b>0,3</b>	19,85 ± 2,76 Aa	24,36 ± 5,52 Aa	24,67 ± 5,99 Aa*
	<b>0,7</b>	18,49 ± 4,29 Aa	20,09 ± 6,45 Aa	18,12 ± 3,59 Ab
	<b>1,2</b>	15,25 ± 1,77 Ba	21,20 ± 3,85 Aa	18,25 ± 4,27 ABb
	<b>1,7</b>	16,47 ± 4,28 Aa	21,79 ± 5,75 Aa*	15,49 ± 5,06 Ab
	<b>2,0</b>	15,93 ± 2,39 ABa	18,53 ± 5,39 Aa	13,03 ± 2,37 Bb
<b>Multilink N</b>	<b>0,3</b>	27,63 ± 3,71 Aa	32,21 ± 4,87 Aa	28,69 ± 5,99 Aa*
	<b>0,7</b>	29,10 ± 4,12 Aa	31,44 ± 7,78 Aa	29,68 ± 6,34 Aa
	<b>1,2</b>	31,53 ± 3,43 Aa	34,48 ± 4,34 Aa	34,64 ± 5,45 Aa
	<b>1,7</b>	24,49 ± 2,94 Ba	27,10 ± 6,44 Ba*	33,37 ± 2,78 Aa
	<b>2,0</b>	26,39 ± 8,61 Aa	32,56 ± 2,08 Aa	30,31 ± 6,32 Aa

Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna para cada cimento, apresentam diferença estatisticamente significante ( $p<0,05$ ). Os \* indicam que não há diferença estatística entre os cimentos.

Fonte: Autor, 2022

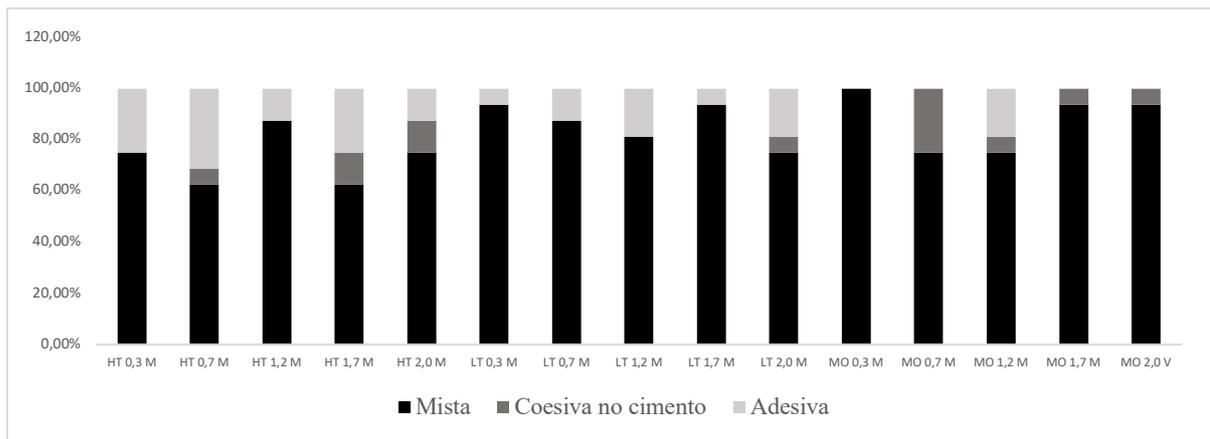
Os gráficos 1 e 2 mostram a classificação dos modos de falha após a análise de resistência de união para os cimentos Variolink Esthetic LC e Multilink N, respectivamente. A falha mista (Figura 6) foi predominante para ambos os cimentos seguida pela falha adesiva (Figura 7). Já a falha coesiva no cimento (Figura 8) ocorreu em maior quantidade em grupos do cimento Multilink N em comparação ao Variolink. Não ocorreram falhas coesivas na cerâmica.

**GRÁFICO 1 - Classificação das falhas após a análise de resistência de união (%) para amostras do cimento Variolink Esthetic LC**

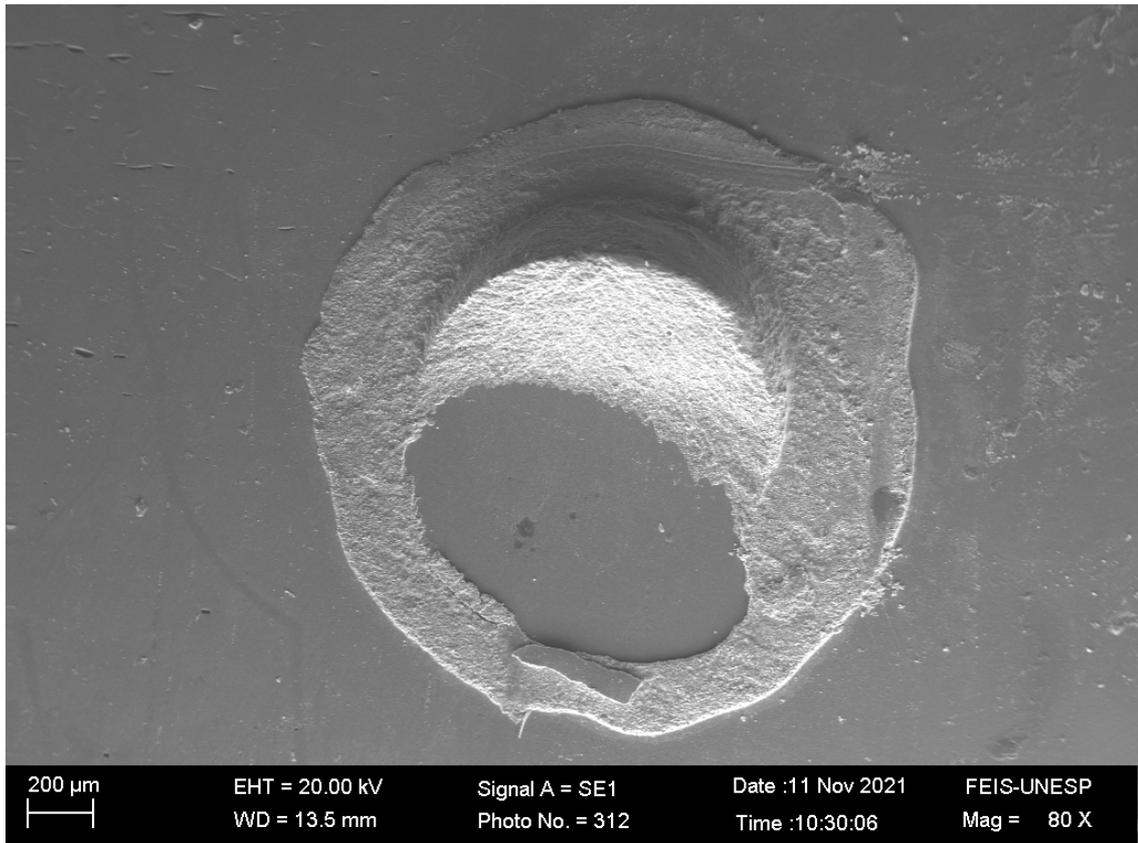


Fonte: Autor, 2022

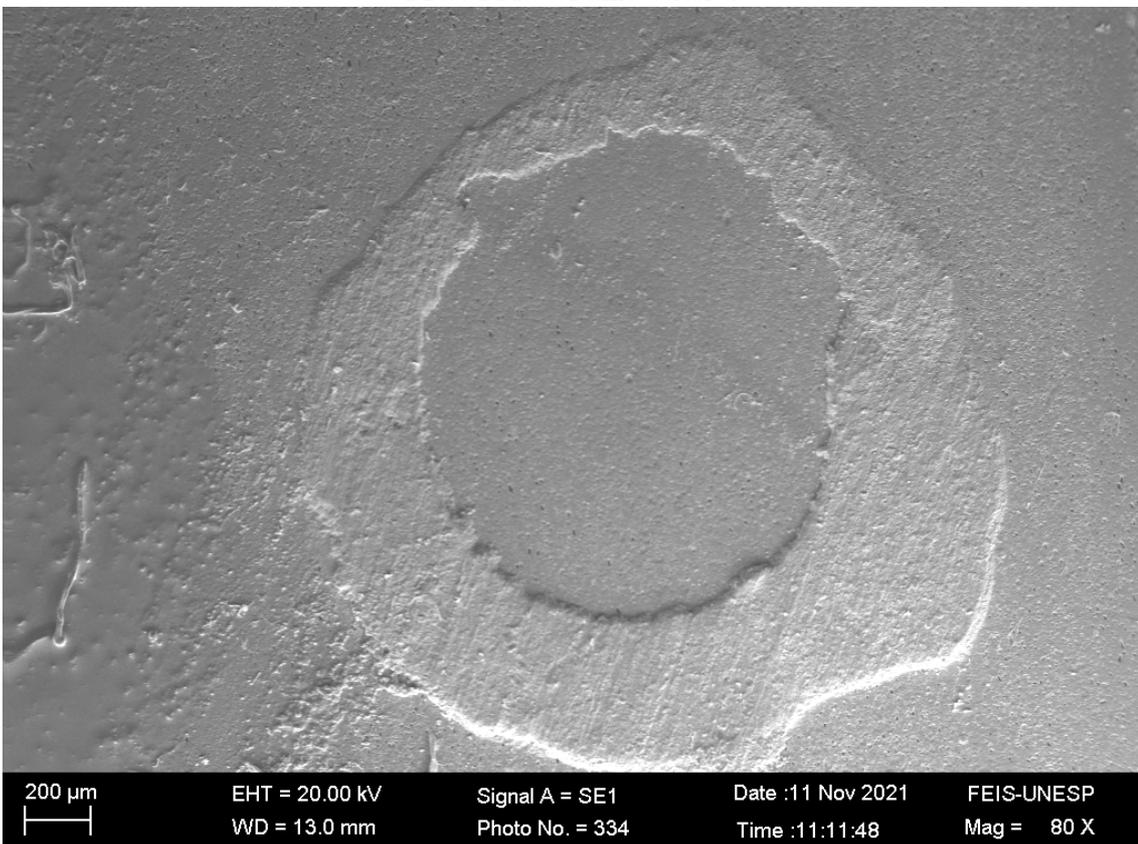
**GRÁFICO 2 - Classificação das falhas após a análise de resistência de união (%) para amostras do cimento Multilink N**



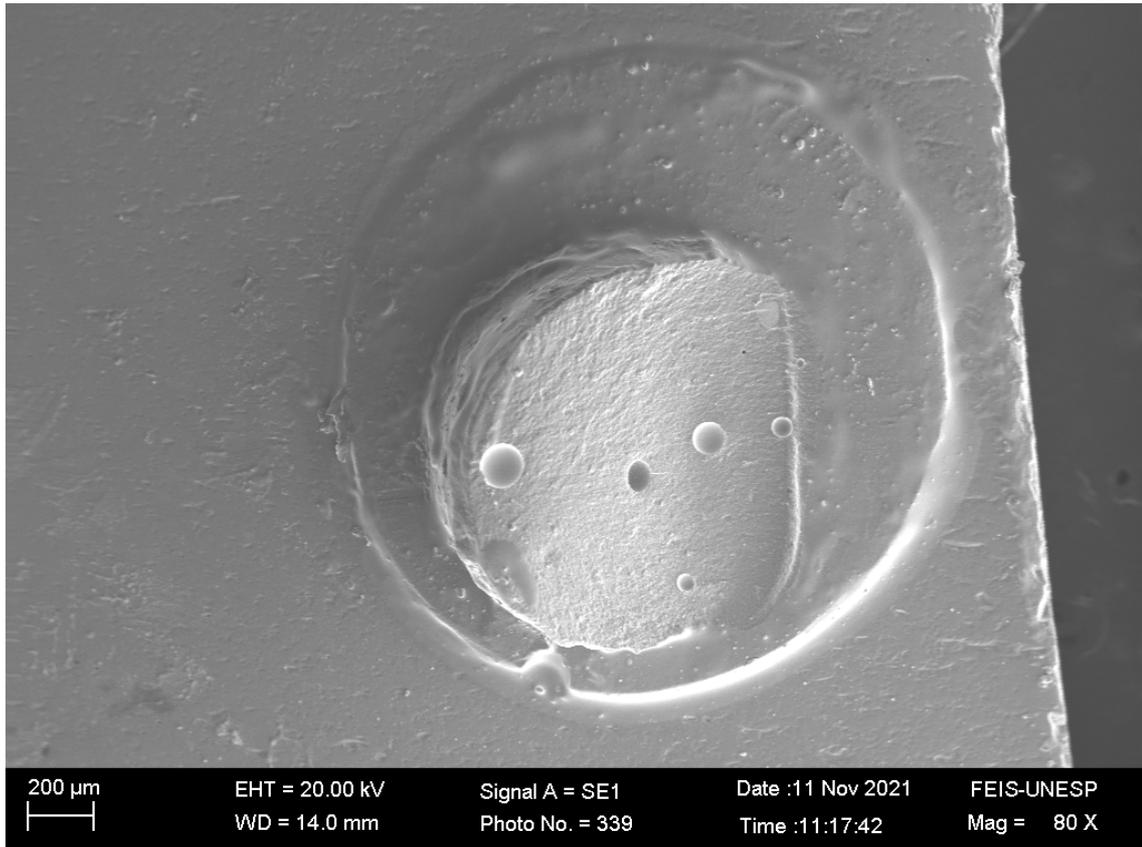
Fonte: Autor, 2022

**FIGURA 6 - Falha Mista**

Fonte: Autor, 2022

**FIGURA 7 - Falha adesiva**

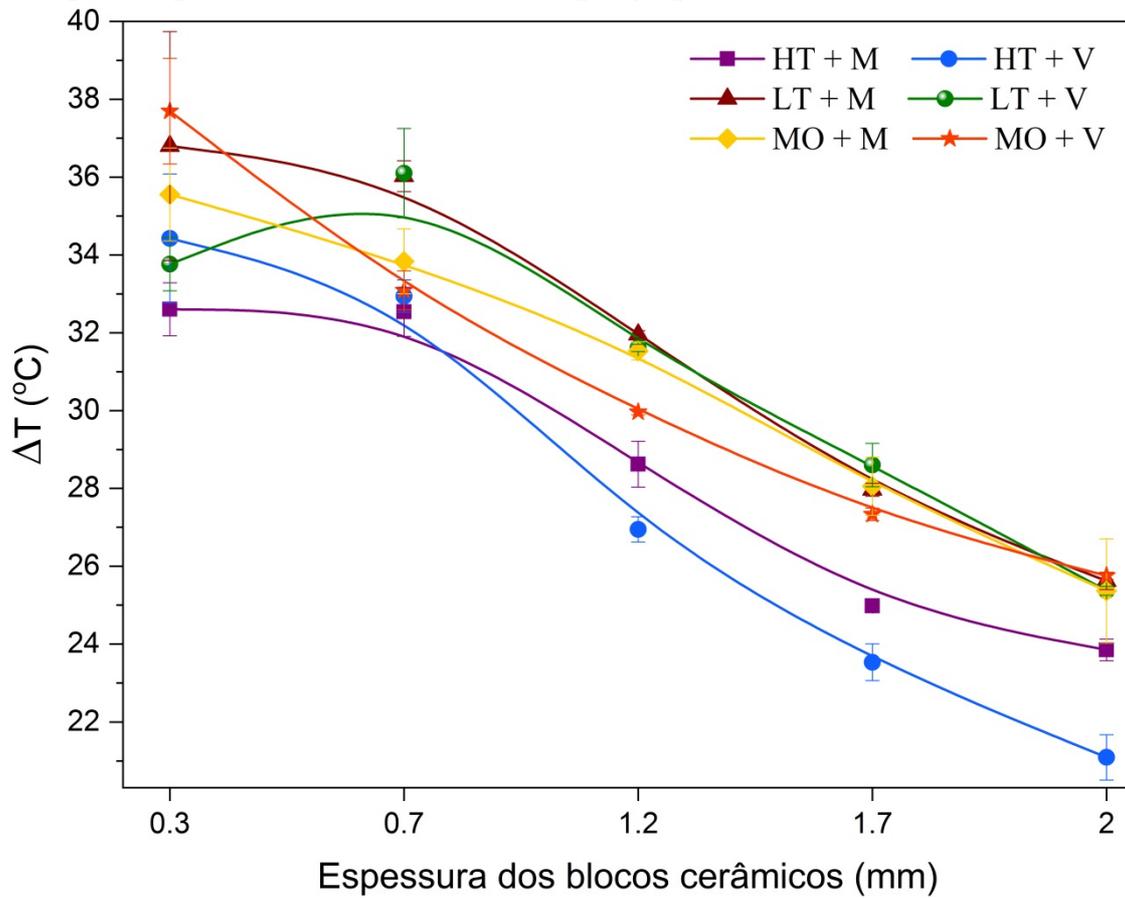
Fonte: Autor, 2022

**FIGURA 8 - Falha coesiva no cimento**

Fonte: Autor, 2022

O comportamento da variação máxima de temperatura em função das espessuras dos blocos cerâmicos utilizados para as amostras de Multilink N e Variolink Esthetic LC está ilustrado no gráfico 3. Todas as amostras se comportaram de maneira semelhante, sendo que conforme a espessura do bloco cerâmico aumentava, a temperatura da amostra diminuía. Nas espessuras de 0,3 e 0,7 mm de todos os blocos cerâmicos houve o maior aumento de temperatura, variando de aproximadamente 32 à 39 °C. Foi possível observar que as amostras de Multilink N e Variolink Esthetic LC fotoativadas sobre o bloco cerâmico HT nas espessuras de 1,2, 1,7 e 2,0 mm apresentaram um aumento menor de temperatura quando comparada aos outros blocos cerâmicos.

**GRÁFICO 3-** Média da variação máxima de temperatura das amostras de Multilink N (M) e Variolink Esthetic LC (V) em função das espessuras dos blocos cerâmicos de HT, LT e MO. Cada ponto representa a média de 2 amostras por grupo.



Fonte: Autor, 2022

*Discussão*

## 4 DISCUSSÃO

A polimerização adequada dos cimentos resinosos é imprescindível para que o mesmo apresente um bom desempenho clínico, o que afeta diretamente o sucesso final de reabilitações com restaurações cerâmicas.<sup>10,11</sup> É por isso que o processo de cimentação é uma etapa que exige muita cautela durante os tratamentos reabilitadores, onde o operador deve garantir que uma quantidade adequada de luz do fotopolimerizador atinja a camada de cimento. Fatores que possam de alguma forma prejudicar a passagem de luz, poderiam acabar impactando negativamente o processo de polimerização dos cimentos, especialmente daqueles que dependem exclusivamente da ativação física.<sup>8,11</sup> O grau de conversão é um parâmetro muito utilizado para analisar a eficiência de polimerização dos materiais resinosos, por meio do qual é possível quantificar o percentual de duplas ligações de carbono convertidas em ligações simples para formar uma rede polimérica.<sup>7</sup> Alguns autores consideram que esse parâmetro pode estar diretamente relacionado às propriedades apresentadas pelos materiais resinosos, como estabilidade de cor, resistência de união e dureza.<sup>7,10,25</sup> Nesse estudo foi avaliada a influência de diferentes espessuras e opacidades da cerâmica de dissilicato de lítio no grau de conversão, resistência de união e variação de temperatura de um cimento resinoso fotoativado e um cimento resinoso dual.

A diminuição da passagem de luz causada pelo material cerâmico têm sido evidenciada por muitos autores, sendo que, de maneira geral, essa atenuação torna-se mais acentuada com o aumento da espessura e da opacidade do material.<sup>4,11,26-30</sup> A avaliação da variação de temperatura feita nesse estudo demonstrou uma redução da temperatura da amostra em função do aumento da espessura de todas as opacidades da cerâmica (Gráfico 3), o que poderia estar relacionada à diminuição da passagem de luz através das mesmas. No entanto, não existe um consenso na literatura quanto à capacidade dessa atenuação de luz, causada pelo aumento da espessura do material, influenciar as características dos cimentos resinosos. Enquanto alguns estudos apontam que o aumento da espessura da cerâmica leva a uma redução na conversão do cimento<sup>11,17,30-32</sup> e a um impacto direto em suas propriedades, outros afirmam que esse fator não prejudica o bom desempenho desse material.<sup>2,8,33,34</sup> Essa contradição deve-se à influência de diferentes condições e materiais utilizados em cada estudo, como diferentes materiais cerâmicos, cimentos resinosos, espessuras de cerâmica, aparelho fotopolimerizador e protocolos de fotoativação.<sup>11</sup>

No presente estudo, o aumento da espessura das três opacidades de cerâmica ocasionou uma redução na conversão dos dois cimentos utilizados, sendo que as espessuras mais finas apresentaram os maiores valores, com diferença estatística para as cerâmicas mais espessas (Tabela 2). Já para a resistência de união, a variação de espessura da cerâmica apresentou diferença estatística apenas entre a espessura de 0,3 para as demais espessuras de opacidade MO para o cimento Variolink Esthetic LC (Tabela 3), rejeitando-se, assim, a primeira hipótese nula testada nesse estudo. Essa redução, principalmente nos valores de grau de conversão, possivelmente deve-se ao fato de que a passagem de luz é reduzida conforme o aumento da espessura do material restaurador.<sup>26-30</sup> Os resultados encontrados para o grau de conversão com o aumento da espessura corroboram com o estudo realizado por Oh et al.<sup>11</sup> que avaliaram o efeito de diferentes espessuras, opacidades e tipos de cerâmica na polimerização de um cimento de ativação física. Os autores observaram que a interposição de cerâmicas de 0,5, 1,0, 2,0 e 4,0 mm causaram diminuição significativa no grau de conversão do cimento, com diferença estatística significativa entre as espessuras, independente do tipo ou opacidade do material cerâmico. Por outro lado, Runnacles et al.<sup>17</sup> avaliaram o grau de conversão de cimentos de ativação física, fotoativados através de diferentes espessuras, opacidades e tipos de cerâmica e constataram que a redução no grau de conversão causada pelo aumento da espessura foi mais significativa para cerâmicas de menor translucidez.

A translucidez é uma propriedade óptica dos materiais restauradores que remete à quantidade de luz capaz de ser transmitida através de sua estrutura, tendo uma grande influência no resultado estético final das restaurações.<sup>4,35</sup> Sendo uma característica ligada à transmitância dos materiais cerâmicos, muitos estudos avaliam a passagem de luz através das diferentes opacidades<sup>27,28</sup> e sua influência na polimerização dos materiais resinosos utilizados para cimentação.<sup>4,11</sup> Durante a fotoativação através de um material cerâmico, uma quantidade de luz será refletida ou absorvida pelo material e a quantidade restante será transmitida através de sua estrutura até a camada de cimento.<sup>4</sup> Autores reportam diferença na passagem de luz através de cerâmicas de opacidades diferentes, sendo que quanto mais translúcida, maior a passagem de luz através do material.<sup>4,27,36</sup> Além disso, tem se tornado cada vez mais evidente a redução do grau de conversão de cimentos resinosos quando fotoativados através de cerâmicas de maior opacidade.<sup>4,8,11</sup>

Nesse estudo foram utilizadas três opacidades da mesma cor da cerâmica de dissilicato de lítio IPS e.max CAD: HT (alta translucidez), LT (baixa translucidez) e MO (média opacidade). Para a análise do grau de conversão dos cimentos, houve diferença estatística

entre as opacidades apenas em algumas espessuras, sendo que as cerâmicas de maior translucidez apresentaram os maiores valores em comparação às cerâmicas menos translúcidas (Tabela 2). Já para a resistência de união também houve diferença entre as opacidades em algumas espessuras, porém nesses casos as cerâmicas LT e MO apresentaram os maiores valores (Tabela 3). Sendo assim, a segunda hipótese nula desse estudo de que os diferentes graus de opacidade do material cerâmico não influenciariam no grau de conversão e na resistência de união do cimento foi rejeitada. A diferença entre os valores de grau de conversão poderia ser justificada pela maior passagem de luz que as cerâmicas de maior translucidez permitem em comparação às cerâmicas menos translúcidas. Já para resistência de união, especula-se que a maior passagem de luz através da cerâmica de maior translucidez HT, embora tenha favorecido o grau de conversão dos cimentos, poderia ter aumentado a velocidade da reação de polimerização do cimento, dessa forma prejudicando a qualidade das ligações cruzadas desse material,<sup>8,37</sup> o que justifica os menores valores de resistência de união do cimento à essa cerâmica. Além disso, o fator responsável pela alteração das opacidades desse sistema cerâmico, que provavelmente está relacionado à sua composição, poderia ter influenciado no processo de união do cimento à esse material restaurador indireto.

Sendo fatores que interferem na passagem de luz, a relação entre a espessura e a translucidez do material deve ser levada em consideração em uma reabilitação. Em um trabalho realizado por De Jesus et al.<sup>10</sup> os autores avaliaram a influência da translucidez do dissilicato de lítio no grau de conversão de cimentos resinosos e verificaram que as diferentes opacidades analisadas (HT, LT e MO) não promoveram diferença estatística entre os valores de grau de conversão dos cimentos. Os autores atribuíram tal resultado ao fato de terem utilizado uma espessura muito reduzida da cerâmica (1,5 mm) que não foi suficiente para promover diferença entre os diferentes graus de opacidade. Esses resultados corroboram parcialmente com os resultados desse estudo, uma vez que para o grau de conversão do cimento Variolink Esthetic LC, que é um cimento cuja polimerização depende exclusivamente da luz, a diferença entre as opacidades ocorreu apenas nas espessuras de 1,7 e 2,0 mm (Tabela 2). Através desses resultados especula-se que a influência da opacidade do material cerâmico no grau de conversão dos cimentos pode depender de sua espessura.

Na comparação entre os cimentos, o cimento resinoso Multilink N apresentou os maiores valores de grau de conversão e resistência de união à cerâmica comparado ao cimento Variolink Esthetic LC, rejeitando-se a terceira hipótese nula desse estudo (Tabelas 2 e 3). Essa diferença é justificada pelo fato do Multilink N se tratar de um cimento resinoso dual e

não depender exclusivamente da luz do aparelho fotoativador para sua polimerização, sendo que a polimerização através da reação química poderia garantir valores de conversão mais altos mesmo na fotoativação através de peças mais espessas. Esses resultados estão de acordo com resultados de estudos prévios<sup>9,10</sup> que já haviam demonstrado valores de grau de conversão e resistência de união mais altos para cimentos resinosos duais em comparação à cimentos resinosos fotoativados. Os cimentos que possuem sistema de ativação dual contam com uma pasta catalisadora que possui um iniciador químico e uma pasta base contendo cimento resinoso fotopolimerizável e amina terciária responsável pela ativação química. A polimerização dessa material acontece por meio de ativação química através da mistura das duas pastas, e física mediante fotoativação.<sup>7</sup> No entanto, a redução do grau de conversão do Multilink N com o aumento da espessura da cerâmica observada nesses estudo, expressa o quanto a fotoativação também é importante para esse tipo de cimento. Também foi possível notar que com o aumento das espessuras das cerâmicas de maior opacidade (MO), o cimento Variolink Esthetic LC sofreu redução na resistência de união (Tabela 3), o que indica que deve-se ter cautela ao usar cimentos fotoativados com restaurações de espessuras acima de 0,3 mais opacas, sendo nesses casos mais indicado a utilização de um cimento dual.

Ao analisar os padrões de falha encontrados nas amostras de cerâmica após a análise da resistência de união, foi possível constatar uma predominância de falhas mistas para os dois cimentos analisados, que é consequência de uma forte união entre o cimento e a cerâmica. Com o avanço das técnicas e materiais de cimentação adesiva, a união entre o cimento e o material restaurador tem se tornado cada vez mais resistente, sendo assim, falhas mistas e coesivas em cimento e substrato podem ser observadas com mais frequência do que falhas adesivas em cerâmica, como encontrado nos estudos de Novais et al.<sup>9</sup> e Akgungor et al.<sup>2</sup> Dessa forma, acredita-se que o método utilizado no ensaio de resistência de união tenha efetivamente promovido uma tensão na interface adesiva, sendo possível analisar com precisão as variáveis resposta do presente estudo.

O grau de conversão é considerado por muitos autores um parâmetro que reflete diretamente as propriedades apresentadas pelo material resinoso,<sup>10,25</sup> sendo que um baixo valor do grau de conversão do cimento poderia resultar em propriedades mecânicas inferiores e maior solubilidade de alguns componentes do cimento levando à degradação mais rápida da linha de cimentação, sensibilidade pulpar e diminuição da resistência de união entre o cimento e o substrato.<sup>7,9,10,12</sup> Por outro lado, alguns estudos têm demonstrado que o grau de conversão possui pouca ou nenhuma relação com propriedades como o módulo de elasticidade, dureza<sup>38</sup>

e estabilidade de cor,<sup>39</sup> uma vez que outros fatores além do grau de conversão também poderiam interferir nessas propriedades como a estrutura química dos monômeros, composição química do cimento e tipo e densidade das ligações cruzadas.<sup>33,40</sup> Nesse estudo, ao comparar as análises de grau de conversão e resistência de união é possível observar que as mesmas não apresentam uma relação direta para todos os fatores analisados. Na comparação entre os cimentos, o cimento dual apresentou os maiores valores de grau de conversão e resistência de união. Porém, para os fatores espessura e opacidade as análises de grau de conversão e resistência de união não tiveram associação. Essa incompatibilidade sugere que a resistência de união pode depender de outros fatores além do grau de conversão como a composição da cerâmica, composição do cimento e qualidade da formação do polímero do material resinoso.

Entre as limitações desse estudo destacam-se a não reprodutibilidade do que ocorre no meio bucal pois a presença da saliva e da variação de temperatura poderiam influenciar na resistência de união dos materiais resinosos, além da falta de avaliação do grau de conversão em outros tempos e da resistência de união dos cimentos ao substrato dental. Estudos futuros devem investigar se outras propriedades como estabilidade de cor e dureza possuem uma maior associação com o grau de conversão e se também sofrem influência da espessura e do grau de opacidade dos materiais cerâmicos.

*Conclusão*

## 5 CONCLUSÃO

A espessura do material cerâmico influenciou o grau de conversão dos cimentos resinosos em todas as condições estudadas, sendo que as menores espessuras apresentaram valores de grau de conversão mais altos em comparação às espessuras maiores. Para a resistência de união do cimento Variolink Esthetic LC, a espessura de 0,3mm promoveu maior valor quando fotoativado através da opacidade MO. Os diferentes graus de opacidade também influenciaram o grau de conversão dos cimentos e a resistência de união, sendo que, de maneira geral, a cerâmica mais translúcida HT apresentou maiores valores de grau de conversão em comparação às outras opacidades. Para a resistência de união, em algumas espessuras, as cerâmicas LT e MO apresentaram os maiores valores. O cimento dual apresentou os maiores valores em ambas as análises em comparação ao cimento fotoativado. Portanto, é necessário que o cirurgião dentista tenha o conhecimento das características do material utilizado para restaurações indiretas, não somente por questões estéticas, mas também para que possa fazer a escolha do cimento resinoso mais indicado para cada situação.

## *Referências*

## REFERÊNCIAS

- 1- Lanza MDS, Andreetta MRB, Pegoraro TA, Pegoraro LF, Carvalho RM. Influence of curing protocol and ceramic composition on the degree of conversion of resin cement. *J Appl Oral Sc.* 2016;25:700-7.
- 2- Akgungor G, Beggum A, Gaucher H. Influence of ceramic thickness and polymerization mode of a resin luting agent on early bond strength and durability with a lithium disilicate-based ceramic system. *J Prosthet Dent.* 2005;94:234-41.
- 3- Lee IB, An W, Chang J, Um CM. Influence of ceramic thickness and curing mode on the polymerization shrinkage kinetics of dual-cured resin cements. *Dent Mater.* 2008;24:1141-7.
- 4- Mendonça LM, Ramalho IS, Lima LASN, Pires LA, Pegoraro TA, Pegoraro LF. Influence of the composition and shades of ceramics on light transmission and degree of conversion of dual-cured resin cements. *J App Oral Sci.* 2019;27:1-10.
- 5- Manso AP, Silva NRFA, Bonfante EA, Dias RA. Cements and adhesives for all-ceramic restorations. *Dent Clin N Am.* 2011;55:311-32
- 6- Piwowarczyk A, Lauer HC. Mechanical properties of luting cements after water storage. *Oper Dent.* 2003;28:535-42.
- 7- De Souza G, Braga RR, Cesar PF, Lopes GC. Correlation between clinical performance and degree of conversion of resin cements: a literature review. *J App Oral Sci.* 2015;23:358-68.
- 8- Liporoni PCS, Ponce AC, de Freitas M R, Zanatta RF, Maria-Clara-Santos Pereira MCS, Catelan A. Influence of thickness and translucency of lithium disilicate ceramic on degree of conversion of resinous materials. *J Clin Exp Dent.* 2020;12(8):e745-8.
- 9- Novais VR, Raposo LHA, Miranda RRD, Lopes CDCA, Simamoto PC, Soares CJ. Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes. *J App Oral Sci.* 2017;25:61-8.
- 10- De Jesus RH, Quirino AS, Salgado V, Cavalcante LM, Palin WM, Schneider, LF. Does ceramic translucency affect the degree of conversion of luting agents? *Appl Adhes Sci.* 2020;8(1):1-10.

- 11- Oh S, Shin SM, Kim HJ, Paek J, Kim SJ, Yoon TH, Kim SY. Influence of glass-based dental ceramic type and thickness with identical shade on the light transmittance and the degree of conversion of resin cement. *Int J Oral Sci.* 2018;*10*(1):1-6.
- 12- Ilie N, Hickel R. Correlation between ceramics translucency and polymerization efficiency through ceramics. *Dent Mater.* 2008;*24*:908-14.
- 13- Leal CL, Queiroz APV, Foxton RM, Argolo S, Mathias P, Cavalcanti AN. Water sorption on solubility of luting agents used under ceramic laminates with different degrees of translucency. *Oper Dent.* 2016;*41*:141-8.
- 14- Peumans M, De Munck J, Fieuws S, Lambrechts P, Vanherle G, Van Meerbeek B. A prospective Ten-year clinical trial of porcelain veneers. *J Adhes Dent.* 2004;*6*:65-76.
- 15- Wang F, Takahashi H, Iwasaki N. Translucency of dental ceramics with different thicknesses. *J Prosthet Dent.* 2013;*110*:15-20.
- 16- Lee JW, Cha HS, Lee JH. Curing efficiency of various resin-based materials polymerized through different ceramic thicknesses and curing time. *J Adv Prosthodont.* 2011;*3*:126-31.
- 17- Runnacles P, Correr GM, Filho FB, Gonzaga CC, Furuse AY. Degree of conversion of a resin cement light cured through ceramic veneers of different thicknesses and types. *Braz Dent J.* 2014;*25*:38-42.
- 18- Ivoclar. IPS e.max® CAD. Available from: [https://www.ivoclar.com/pt\\_br/products/a-products/ips-e.max-cad](https://www.ivoclar.com/pt_br/products/a-products/ips-e.max-cad).
- 19- Ilie N, Stawarczyk B. Quantification of the amount of light passing through zirconia: The effect of material shade, thickness, and curing conditions. *J Dent.* 2014;*42*:684-90.
- 20- Pianelli C, Devaux J, Bebelman S, Leloup G. The micro-Raman spectroscopy, a useful tool to determine the degree of conversion of light-activated composite resins. *J Biomed Mater Res A.* 1999;*48*(5):675-81.
- 21- Murillo-Gómez F, Palma-Dibb RG, De Goes MF. Effect of acid etching on tridimensional microstructure of etchable CAD/CAM materials. *Dent Mater.* 2018;*34*:944-55.

- 22- Beloica M, Goracci C, Carvalho CA, Radovic I, Margvelashvili M, Vulicevic ZR, Ferrari M. Microtensile vs microshear bond strength of all-in-one adhesives to unground enamel. *J Adhes Dent.* 2010;12(6):427-33.
- 23- McDonough WG, Antonucci JM, He J, Shimada Y, Chiang MY, Schumacher GE, Schultheisz CR. A microshear test to measure bond strengths of dentin-polymer interfaces. *Biomaterials.* 2002;23:3603-8. 
- 24- Moraes AGV, Francci C, Carvalho CN, Soares SP, Braga RR. Microshear bond strength of self-etching systems associated with a hydrophobic resin layer. *J Adhes Dent.* 2011;13:341-8.
- 25- Passos SP, Kimpara ET, Bottino MA, Rizkalla AS, Santos Jr GC. Effect of ceramic thickness and shade on mechanical properties of a resin luting agent. *J Prosthodont.* 2014;23(6):462-6.
- 26- Kilinc E, Antonson SA, Hardigan PC, Kesercioglu A. The effect of ceramic restoration shade and thickness on the polymerization of light-and dual-cure resin cements. *Oper Dent.* 2011;36(6):661-9.
- 27- Ilie N, Furtos G A comparative study of light transmission by various dental restorative materials and the tooth structure. *Oper Dent.* 2020;45(4):442-52.
- 28- García-Cuerva M, Boaventura-Dubovik A, Iglesias ME. Transmittance of lithium disilicate ceramic of different thicknesses and opacities with different curing units. *Acta Odontol Latinoam.* 2021;34(2):143-8.
- 29- Borges LPS, Borges GA, Correr AB, Platt JA, Kina S, Correr-Sobrinho L, Costa AR. Effect of lithium disilicate ceramic thickness, shade and translucency on transmitted irradiance and knoop microhardness of a light cured luting resin cement. *J Mater Sci Mater Med.* 2021;32(8):1-9.
- 30- Castellanos M, Delgado AJ, Sinhoreti MAC, de Oliveira DCRS, Abdulhameed N, Geraldeli S, Roulet JF. Effect of thickness of ceramic veneers on color stability and bond strength of resin luting cements containing alternative photoinitiators. *J Adhes Dent.* 2019;21(1):67-76.

- 31- Lise DP, Van Ende A, De Munck J, Yoshihara K, Nagaoka N, Vieira LCC, Van Meerbeek B. Light irradiance through novel CAD–CAM block materials and degree of conversion of composite cements. *Dent Mater.* 2018;34(2):296-305.
- 32- Cho SH, Lopez A, Berzins DW, Prasad S, Ahn KW. Effect of different thicknesses of pressable ceramic veneers on polymerization of light-cured and dual-cured resin cements. *J Contemp Dent Pract.* 2015;16(5):347-52.
- 33- Calgaro PAM, Furuse AY, Correr GM, Ornaghi BP, Gonzaga CC. Influence of the interposition of ceramic spacers on the degree of conversion and the hardness of resin cements. *Dent Mater.* 2013;27:403-9.
- 34- Ganjkar MH, Heshmat H, Ahangari RH. Evaluation of the effect of porcelain laminate thickness on degree of conversion of light cure and dual cure resin cements using FTIR. *J Dent.* 2017;18(1):30-6.
- 35- Queiroz RS, Alvim HH, Silva DN, Gonçalves AM, Porto-Neto SDT. Métodos para avaliação da translucidez de materiais restauradores estéticos–revisão da literatura. *Rev Odontol UNESP.* 2013;36(2):109-12.
- 36- Pereira CNDB, Magalhães CSD, Daleprane B, Peixoto RTRDC, Ferreira RDC, Cury LA, Moreira AN. LED and halogen light transmission through a CAD/CAM lithium disilicate glass-ceramic. *Braz Dent J.* 2015;26:648-53.
- 37- Daronch M, Rueggeberg FA, De Goes MF, Giudici R. Polymerization kinetics of pre-heated composite. *J Dent Res.* 2006;85(1):38-43.
- 38- Lopes CCA, Rodrigues RB, Faria e Silva AL, Simamoto Júnior PC, Soares CJ, Novais VR. Degree of conversion and mechanical properties of resin cements cures through different all-ceramic systems. *Braz Dent J.* 2015;26(5):484-9.
- 39- Al Kheraif AAA, Qasim SSB, Ramakrishnaiah R, ur Rehman I. Effect of different beverages on the color stability and degree of conversion of nano and microhybrid composites. *Dent Mater J.* 2013;32(2):326-31.
- 40- Mainardi MDCA, Giorgi MCC, Lima DA, Marchi GM, Ambrosano GM, Paulillo LA, Aguiar FH. Effect of energy density and delay time on the degree of conversion and Knoop microhardness of a dual resin cement. *J Investig Clin Dent.* 2015;6(1): 53-8.