



Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho"
Faculdade de Odontologia de
Araraquara

Rosangela Seiko Seó

*Efeito da complementação térmica
de polimerização sobre a resistência
flexural e dureza de resinas acrílicas
para reembasamento*

Araraquara
2003



ROSANGELA SEIKO SEÓ

**Efeito da complementação térmica
de polimerização sobre a
resistência flexural e dureza de
resinas acrílicas para
reembasamento**

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, para a obtenção do título de Mestre em Reabilitação Oral (Área de Concentração: Prótese).

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Vergani

Araraquara

2003

Seó, Rosangela Seiko

Efeito da complementação térmica de polimerização sobre a resistência flexural e dureza de resinas acrílicas para reembasamento. / Rosangela Seiko Seó. – Araraquara: [s.n.], 2003.

177 f.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Vergani

1. Resinas acrílicas 2. Dureza 3. Microondas 4. Resistência à flexão I. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley Cristina Chiusoli Montagnoli CRB 8/5646

Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

DADOS CURRICULARES

Rosangela Seiko Seó

Nascimento: 09/03/1977 – Andradina – SP

Filiação: Sadao Seó

Satico Yoshimura Seó

1997 - 2000: Curso de Graduação - Faculdade de Odontologia
de Araraquara- UNESP

2001 – 2003: Curso de Pós-Graduação em Odontologia,
nível Mestrado – Reabilitação Oral - Área de
Prótese, na Faculdade de Odontologia de
Araraquara - UNESP

Dedicatória

Dedicatória

A Deus,

*Pelas oportunidades concedidas,
agradeço e dedico cada momento de minha vida!*

*“Que **Deus** me dê serenidade para aceitar as coisas que não posso
mudar, coragem para mudar as coisas que posso e
sabedoria para distinguir entre elas”
(Abraham Lincoln)*

Dedicatória

Dedicatória

Aos meus pais **Sadao Seó** e **Satico Yoshimura Seó** e aos meus

irmãos **Sandra Tiemi Seó** e **André Katsumi Seó**,

Dedico este trabalho.

Agradeço à minha família,

meu alicerce,

minha fonte de segurança e inspiração

para que eu possa trilhar meu futuro de forma correta e saudável.

"Cada lar onde habitam o amor e a amizade é um lugar de ternura e

afeição, onde o coração pode tranquilamente repousar"

(Henry van Dixe)

Agradecimento Especial

Ao **Prof. Dr. Carlos Eduardo Vergani**, *pela orientação,
amizade, ensinamentos, compreensão e confiança.*

*"O melhor **MESTRE** não é aquele que apenas repete a lei aos seus
alunos, mas o que guarda e vive o ensino."*

(C. B. Eavey)

*Ao meu Orientador e Amigo,
meus sinceros agradecimentos pelo auxílio em minha formação
profissional e pelo exemplo de dedicação, profissionalismo e
competência.*

Muito obrigada!

Agradecimento Especial

Ao querido **Sérgio Issao Yamada**, pelo amor, carinho,
confiança,
paciência, incentivo, respeito e compreensão.

*"As melhores e mais belas coisas do mundo não podem ser
vistas nem tocadas, mas sentidas."*

(Hellen Keller)

Agradecimentos Especiais

À **Profa. Dra. Ana Lúcia Machado**, pelos conhecimentos transmitidos, amizade, convivência e oportunidades concedidas.

Minha eterna gratidão!

Às professoras da Disciplina de Prótese Parcial Removível,
Eunice Teresinha Giampaolo e Ana Cláudia Pavarina,
pela valiosa contribuição na elaboração deste trabalho e acima
de tudo pela amizade sincera ao longo desses anos.

À minha tia **Rosa Toshiko Sewo**, pelo voto de confiança,
incentivo

e pelo auxílio prestado à minha formação profissional.

Meu sincero agradecimento!

"Admiramos o mundo através do que amamos."(Lamartine)

Agradecimentos

Agradecimentos

Aos meus familiares, pela convivência, carinho e auxílio prestado em todos os momentos de minha vida.

Aos professores do Curso de Pós-graduação em Reabilitação Oral, pela orientação, disponibilidade e ensinamentos, aspectos fundamentais para o meu crescimento profissional.

Aos meus colegas de Curso, André, Eduardo, Fabiana, Fabiano, Janaína, José Fernando, Karin, Márcio Giampá, Márcio Mendonça, Max, Nara, Raphael, Renata, Roberta, Sabrina, Sicknan, Susana, Vanessa e Weber.

Ao Prof. Dr. Ricardo Samih Georges Abi Rached, diretor da Faculdade de Odontologia de Araraquara.

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela amizade e solidariedade em todo o período do curso.

Agradecimentos

Aos funcionários da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Araraquara, pela orientação e disponibilidade.

Às funcionárias da secretaria de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Araraquara, meus sinceros agradecimentos pelos serviços prestados.

Ao Prof. Dr. Luis Geraldo Vaz da Disciplina de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Araraquara pela amizade e disposição durante a realização da parte experimental deste trabalho.

A todos os colegas da Faculdade de Odontologia de Araraquara, em especial aos alunos da Turma 75 e aos alunos de Iniciação Científica José Maurício, Juliana C. da Silva e Juliana P. D. Aguiar, Joice, Aline e Fabiana.

Aos meus amigos (as) Nara, Karin, Raphael, Sicknan, Débora, Andréa, Vanessa e Renata.

Muito obrigada pelo apoio incondicional e por compartilhar os momentos felizes que a vida tem nos proporcionado!

Agradecimentos

Aos amigos (as) Bobby, Débora, Maki, Lina, Mirian, Luciana, Fernanda Agena, Cris, Wagner, Érika, Eidi, Marise, Fernanda Dehira, Marcel, Saemi, Akemi, Cássia, Ênio, André, Fernando, Rangel, Sidnei, Paula e Valéria.

*Pelo profundo laço de amizade que nos une em momentos difíceis,
que vence barreiras como a distância e
que nos ajuda a superar a dor da saudade.*

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo auxílio financeiro para a realização deste trabalho.

Aos Fabricantes dos materiais utilizados neste estudo, pela contribuição e disponibilidade.

Aos Amigos (as) que sempre me incentivaram e me apoiaram em todas as decisões importantes de minha vida, quer seja profissional ou pessoal.

A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a elaboração deste trabalho.

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Revisão da Literatura	20
3. Proposição	85
4. Material e Método	87
5. Resultado	110
6. Discussão	119
7. Conclusão	147
8. Referências	150
9. Apêndice	164
Resumo	171
Abstract	175

1- Introdução

A reabsorção do rebordo residual é considerada uma alteração crônica, progressiva, irreversível e cumulativa, podendo seu nível variar em diferentes períodos e em diferentes áreas do rebordo de um mesmo indivíduo ¹⁰. A desajuste das bases aos tecidos de suporte é freqüentemente observada em pacientes portadores de próteses parciais removíveis como consequência da reabsorção do rebordo residual. Esse desajuste pode resultar em áreas de concentração de forças sobre o rebordo, acelerando sua velocidade de reabsorção e, nos casos de próteses parciais removíveis de extremidade livre, em forças laterais nocivas sobre os dentes pilares. Portanto, reavaliações periódicas são necessárias para o sucesso do tratamento a longo prazo.

Durante essa fase de controle posterior, em muitos casos observa-se a necessidade de reembasamento das bases das próteses, procedimento esse que pode ser realizado por meio de duas técnicas distintas. O reembasamento do tipo mediato envolve fases clínicas e laboratoriais e requer uma nova inclusão e prensagem da prótese para a polimerização da resina termopolimerizável utilizada nesse método, o que poderia acarretar possíveis alterações na dimensão vertical ou distorções irreversíveis na estrutura metálica ⁴⁷. Por esse motivo, algumas resinas acrílicas autopolimerizáveis têm sido desenvolvidas para a realização do

reembasamento do tipo imediato, proporcionando vantagens em relação ao método convencional. Dentre as principais vantagens desse método pode-se destacar a facilidade e a rapidez de execução ^{47,48,61}, aspectos importantes principalmente no tratamento de pacientes idosos. Além disso, os pacientes não necessitam permanecer sem as próteses, como ocorre no reembasamento mediato ^{42,47,48,61}. Apesar dessas vantagens e da aceitação desse método pelos profissionais, pouca informação sobre esses materiais reembasadores imediatos tem sido encontrada na literatura com relação às suas propriedades físicas e mecânicas. É importante salientar que essas resinas apresentam diferentes composições químicas ⁹ e, por isso, a estrutura final do polímero pode variar consideravelmente, produzindo diferentes comportamentos clínicos. Esses materiais, de acordo com os fabricantes, são considerados reembasadores imediatos definitivos, sem necessidade de substituição posterior. Por conseguinte, suas propriedades deveriam ser semelhantes àquelas do material utilizado na confecção da base. Assim, alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de avaliar aspectos considerados fundamentais para o correto desempenho clínico desses materiais. Dentre esses aspectos podemos salientar a estabilidade dimensional ^{46,47,52}, a absorção de água e solubilidade ^{8,49,52}, a resistência à tração ⁴⁸, a dureza ^{11,52}, a resistência à flexão ^{8,63,70,71}, a resistência à abrasão por escovação ⁶² e a resistência de união entre a resina de base e o material reembasador ^{15,42,49,50}.

Além desses fatores, uma outra informação essencial estaria relacionada ao conteúdo de monômero residual ²³, que nas resinas autopolimerizáveis é maior do que nas resinas termopolimerizáveis ^{5,19,24,27,32,41,44,58,67,73,74,77,78}. Estudos têm observado que a presença desse monômero pode causar reações nos tecidos em contato com a base da prótese ^{26,53,77}, além de comprometer as propriedades mecânicas da resina polimerizada. Fujii ²⁹, ao realizar testes de fadiga em resinas fluidas e termopolimerizáveis, observou uma relação negativa entre o conteúdo de monômero residual e o limite de fadiga. Da mesma forma, Stafford et al. ⁶⁷ relataram maiores valores de escoamento em duas resinas autopolimerizáveis quando comparadas a resinas termopolimerizáveis, o que, segundo os autores, reflete uma maior concentração de monômero residual. Resultados semelhantes foram obtidos por Arab et al. ⁶, que observaram uma menor resistência à flexão e dureza em resinas termopolimerizáveis que apresentavam maiores níveis de monômero residual. É importante ressaltar que os estudos anteriormente citados referem-se às resinas utilizadas para a confecção de bases de próteses e para a realização de reembasamento do tipo mediato. Entretanto, apesar de existirem várias resinas para reembasamento imediato disponíveis no mercado comercial, poucos estudos têm sido realizados com relação à composição química e às propriedades mecânicas desses materiais. Arima et al. ⁸ observaram diferenças significativas nas propriedades físicas e

mecânicas de seis marcas comerciais de materiais reembasadores, tendo sido essas diferenças atribuídas à diversidade de composição química dos materiais. Neste estudo, foram verificados menores valores de resistência à flexão para os materiais reembasadores em relação a uma resina termicamente ativada. Esses resultados confirmam a necessidade de se avaliar continuamente os novos materiais desenvolvidos.

Tendo em vista que o monômero residual pode atuar como plastificante, influenciando negativamente nas propriedades mecânicas ²², a redução do seu conteúdo na resina polimerizada poderia resultar em maior durabilidade das próteses reembasadas. Estudos têm indicado que essa redução pode ser obtida por meio de imersão das próteses em água aquecida, provavelmente pela combinação dos processos de liberação de monômero por difusão e de indução de reação complementar de polimerização ^{39,40,57,72}.

O estudo de Inoue et al. ³² reforça tal hipótese. Segundo os autores, foi observada uma diminuição no conteúdo de monômero residual de resinas autopolimerizável, termopolimerizável e fluidas após imersão em água aquecida a 100°C por 1 hora. Esta redução também foi relatada por Shim & Watts ⁶⁴, porém após imersão em água por um período de 2 horas a 100°C.

Além disso, com base nas informações relacionadas ao mecanismo de polimerização por microondas ²¹, essa reação complementar

de polimerização também poderia ser obtida pela utilização dessa fonte de energia. A técnica de polimerização de resinas acrílicas pelo método de microondas foi descrita, inicialmente, por um grupo de pesquisadores japoneses ^{38,55}. Esse método permite o aquecimento de materiais que apresentam moléculas polarizadas como a água e o monômero. Essas moléculas possuem em cada extremidade cargas ligeiramente positivas e negativas e, quando submetidas a um campo eletromagnético, vibram com frequência de 2 a 3 bilhões de vezes por segundo, convertendo a energia eletromagnética em calor como resultado de fricção molecular. Dessa forma, o aumento da temperatura ocorre no interior do material independentemente da sua condutividade térmica ^{1,31}. O estudo realizado por Blagojevic et al. ¹⁴ demonstrou um aumento na resistência ao impacto e na temperatura de transição vítrea, bem como uma redução no conteúdo de monômero residual de uma resina autopolimerizável quando submetida ao tratamento térmico complementar em microondas. Da mesma forma, Yunus et al. ⁸¹ verificaram uma redução do conteúdo de monômero residual e um aumento na resistência de reparos quando a resina autopolimerizável foi polimerizada por 20 minutos à temperatura ambiente e, posteriormente, submetida à irradiação por microondas. Segundo os autores, esse resultado pode ser atribuído ao maior grau de conversão da resina após a irradiação.

Assim, os métodos de imersão em água aquecida e microondas poderiam contribuir para a redução do conteúdo de monômero

residual nas resinas polimerizadas e, provavelmente, favorecer suas propriedades mecânicas.

Dentre os testes considerados importantes na avaliação da resistência desses materiais, o de resistência à flexão se destaca por apresentar uma análise geral que representa uma média coletiva de todos os tipos de tensão atuando simultaneamente, avaliando propriedades como resistência à tração, à compressão e ao cisalhamento³. Woelfel et al.⁷⁹ e Vallittu et al.⁷³ citaram, ainda, que a aplicação de força transversa simula a carga flexural que uma prótese superior recebe durante a mastigação. Durante o teste, a aplicação de carga constante produz graficamente uma curva tensão-deformação que representa o escoamento plástico da resina e a deformação elástica do corpo-de-prova, características relacionadas à massa polimérica. Da mesma forma, a dureza proporciona informações complementares como ductilidade, maleabilidade e resistência à abrasão, mais relacionadas à superfície do material³.

Com base nessas considerações, julgou-se de interesse avaliar o efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre a resistência à flexão e dureza de resinas acrílicas para reembasamento. No presente estudo, será possível obter, ainda, informações importantes sobre os valores de resistência à flexão e dureza de cada material testado.

2- Revisão da Literatura

O objetivo do estudo desenvolvido por Smith & Bains ⁶⁵, em 1956, foi avaliar a concentração de monômero residual nas resinas para bases de prótese. Segundo os autores, o monômero presente após a polimerização pode comprometer as propriedades mecânicas da prótese, além de causar irritação da mucosa do paciente. Sendo assim, a presença de monômero residual em resinas para bases de prótese foi analisada, quantitativa e qualitativamente, por meio de métodos químicos e físicos. Os resultados evidenciaram que, apesar do monômero residual ser rapidamente liberado durante a imersão da resina em água, uma parte desse monômero permanece retido no interior do material. De acordo com os autores, o monômero liberado em água estaria localizado na superfície do material, supondo-se que, nas porções mais internas, uma polimerização mais efetiva seria obtida em função da temperatura exotérmica de polimerização. Assim, moléculas de monômero residual permaneceriam retidas internamente ao longo das cadeias poliméricas formadas durante o processo de polimerização e dificilmente poderiam ser eliminadas. No entanto, apesar da possibilidade de parte deste monômero ser eliminado em água, as propriedades mecânicas das resinas podem ser comprometidas em função do monômero retido. Foram observadas, ainda, maiores concentrações de monômero residual nas amostras polimerizadas a temperaturas mais baixas.

Em 1960, McCrorie & Anderson ⁴⁵ avaliaram a resistência transversa de corpos-de-prova confeccionados a partir de uma resina termopolimerizável e reparados com diferentes resinas autopolimerizáveis. Nesse estudo, a parte central (2 mm) de cada corpo-de-prova era removida e preenchida com uma das seis resinas autopolimerizáveis indicadas para reparo. Todas as amostras foram submetidas ao teste de resistência transversa imediatamente após o reparo. Adicionalmente, foram obtidos corpos-de-prova intactos de cada material, que foram testados após 7 dias de armazenamento em água à temperatura ambiente. Dessa forma, os autores puderam comparar os valores de resistência transversa entre os materiais. Os resultados revelaram que os reparos realizados com as resinas autopolimerizáveis produziram valores de resistência transversa correspondentes a 57% daqueles observados para a resina termicamente ativada. Segundo os autores, a menor resistência das resinas autopolimerizáveis foi parcialmente responsável por esses resultados. Além disso, os corpos-de-prova apresentaram falhas de natureza adesiva, indicando uma união deficiente entre o novo material e a resina para base de prótese. Com o objetivo de aumentar o grau de polimerização e assim favorecer a resistência de reparos realizados com resinas autopolimerizáveis, o tratamento térmico em água aquecida foi utilizado. Para isso, os autores confeccionaram corpos-de-prova adicionais que foram imersos em água

aquecida a 60°-65°C por um período de 10 minutos antes da realização dos testes. Com base nos resultados obtidos, os autores relataram que, apesar de ter havido um pequeno aumento da resistência dos reparos, os valores não representariam melhorias significativas em termos práticos.

O método de polimerização de resinas acrílicas para base de prótese por meio da irradiação por microondas foi inicialmente proposto por Nishii ⁵⁵, em 1968. O método de irradiação por microondas, também denominado de aquecimento dielétrico, proporciona aquecimento imediato e uniforme da resina, tanto nas porções superficiais como naquelas mais profundas. O autor avaliou a eficiência desse método em função da formação de porosidade interna e das propriedades físicas e mecânicas resultantes. Para isso, mufas perfuradas eram utilizadas para permitir a passagem da irradiação pelas suas porções internas. Os resultados revelaram um grande número de porosidades internas na maioria dos corpos-de-prova promovidas pelo aquecimento excessivo durante a irradiação. Porém, com a utilização de um pequeno reservatório com água ao lado da mufla durante a irradiação, parte da energia era absorvida, reduzindo o efeito do aquecimento sobre a formação de porosidade. Quando o método de polimerização por microondas foi comparado ao método convencional por imersão em banho de água, o autor verificou que a propriedade de resistência à flexão foi similar.

O estudo realizado por Beech ¹³ em 1975 avaliou o efeito de diferentes métodos de polimerização sobre a distribuição de peso molecular, o conteúdo de monômero residual e a resistência à flexão de resinas para base de prótese. De acordo com o autor, resinas com peso molecular acima de 10^5 comportam-se como polímeros típicos de cadeia longa, resultando em propriedades físicas e mecânicas mais favoráveis. Dessa forma, corpos-de-prova (50 mm x 70 mm x 4 mm) foram obtidos por meio da ativação química à temperatura ambiente por uma semana e pela ativação térmica, utilizando-se os seguintes ciclos de polimerização: a) 14 horas a 70°C e b) 2 horas a 70°C, seguida de 2 horas a 100°C. Os resultados demonstraram que as amostras termopolimerizadas produziram valores de peso molecular mais altos do que aquelas polimerizadas quimicamente. No entanto, a proporção de polímero com peso molecular acima de 10^5 foi semelhante para todas as amostras. Com o objetivo de avaliar o efeito do aquecimento térmico sobre o peso molecular, o autor submeteu amostras de resina quimicamente ativada ao aquecimento a 100°C por 2 horas, uma semana após sua confecção. Após polimerização complementar, foi evidenciado um aumento de 5% no número de moléculas com peso molecular inferior a 10^5 . Segundo o autor, essa porcentagem de polímeros com baixo peso molecular é considerada insuficiente para comprometer as propriedades da resina. Sendo assim, o autor atribuiu a menor resistência flexural produzida pela resina

quimicamente ativada à presença do monômero residual, causando o efeito plastificante.

O trabalho de Douglas & Bates ²⁴, em 1978, procurou estabelecer qual a técnica mais adequada para a verificação do conteúdo de monômero residual presente em resinas acrílicas de diferentes formulações. Nesse estudo, a presença do monômero residual em resinas do tipo termopolimerizável, fluida e autopolimerizável foi avaliada por meio da cromatografia a gás e pela espectrofotometria por infravermelho. Os resultados indicaram que as resinas termicamente ativadas produziram as menores concentrações de monômero residual. Por outro lado, as resinas fluidas resultaram em concentrações de monômero residual extremamente altas (2,32% a 5,01%) após a polimerização, o que, segundo os autores, pode ser atribuído à maior proporção pó-líquido desses materiais e devido aos diferentes ciclos de polimerização utilizados. As resinas ativadas quimicamente também resultaram em níveis de monômero residual mais alto (1,79%) em comparação com as termicamente ativadas (0,17%). Porém, uma redução de 21% de monômero residual foi observada após 24 horas de imersão em água, independentemente do sistema de ativação de polimerização. Segundo os autores, o armazenamento das amostras em água permite a difusão do monômero e a absorção de moléculas de água para o interior da resina, induzindo um efeito plastificante e tornando-a mais

flexível e resiliente. Para os autores, quanto maior a concentração inicial de monômero residual, maior será a absorção de água e mais flexível será o material. Portanto, uma alta temperatura de polimerização é essencial para produzir uma polimerização quase total da resina.

Ao avaliarem a dureza e a deformação elástica de resinas para bases de prótese com diferentes composições Stafford & Huggett⁶⁶, em 1978, observaram que as resinas fluidas apresentaram uma maior quantidade de deformação e uma menor recuperação elástica após a aplicação de carga. Para essas propriedades, não houve diferenças significativas entre as outras resinas. A adição do ácido metacrílico e de um agente de ligação cruzada aumentou o valor de dureza da resina experimental. Contudo, esses valores de dureza foram similares aos da resina para base de prótese convencional.

No mesmo ano, Jagger³⁴ investigou o efeito de quatro diferentes ciclos de polimerização (6 horas a 70°C; 14 horas a 70°C; 1 hora a 100°C e 7 horas a 100°C mais 1 hora a 100°C) sobre o nível de monômero residual, a resistência à tração, a dureza e absorção de água de uma resina acrílica termopolimerizável. Com base nos resultados obtidos, pôde-se observar que o ciclo em que a resina foi polimerizada por 1 hora a 100°C proporcionou uma alta decomposição inicial do peróxido de benzoila,

resultando em um polímero com grande número de cadeias, porém com baixo peso molecular. Apesar disso, os valores de peso molecular observados nos quatro ciclos foram considerados satisfatórios. Dessa forma, as variações observadas em relação às propriedades de dureza e resistência à tração foram relacionadas com a presença de monômero residual que, segundo o autor, causa efeito plastificante devido à redução das forças intermoleculares, permitindo uma maior deformação do polímero sob ação de forças. Foi evidenciado, ainda, que a conversão de monômero em polímero é altamente favorecida pelo aumento da temperatura final de polimerização de 70°C para 100°C. Assim, o autor recomenda que as resinas termopolimerizáveis sejam polimerizadas por 7 horas a 70°C, sendo, a seguir submetidas a 100°C por 1 hora. Neste ciclo, a baixa temperatura inicial ajuda a prevenir a incidência de porosidade, além de proporcionar um alto peso molecular. O período final de 1 hora a 100°C permite a redução rápida de monômero residual.

O ensaio mecânico de resistência à flexão foi utilizado por Ruyter & Svensen ⁵⁹, em 1980, com o objetivo de comparar as propriedades mecânicas das resinas acrílicas termopolimerizáveis e autopolimerizáveis. Os testes de resistência à flexão foram realizados a temperaturas controladas (23° ± 1°C; 37° ± 1°C; 50° ± 1°C; 60° ± 1°C e 70° ± 1°C),

variando-se a umidade relativa do ar ($50 \pm 5\%$; $21 \pm 2\%$; $11 \pm 2\%$; $7 \pm 1\%$ e $4 \pm 1\%$). Os materiais foram testados também imersos em banho de água acoplado a um termocirculador. Além disso, a influência de agentes de ligação sobre as propriedades de resistência à flexão dos materiais foi investigada. Os resultados não demonstraram diferença significativa entre a resistência à flexão de resinas termopolimerizáveis que apresentavam em sua composição o agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato (EGDM) e aquelas compostas por 1,4 butanediol dimetacrilato (1,4 BDMA). Segundo os autores, a presença de agentes de ligação cruzada não reagido, resulta na presença de grupos de metacrilato pendentos que apresentam efeito plastificante sobre os materiais. Visto que um maior grau de conversão do monômero em polímero é alcançado com o aumento da temperatura de polimerização, provavelmente as resinas termopolimerizáveis devem produzir menores níveis de grupos de metacrilato pendentos, reduzindo seu efeito sobre a resistência flexural dos materiais. Entretanto, as resinas autopolimerizáveis que continham 1,4 BDMA em sua composição apresentaram valores de resistência à flexão superiores em relação aos observados para os materiais contendo EGDMA. Este resultado deve ser atribuído ao fato de que, no agente de ligação cruzada 1,4 BDMA, os grupos metacrilato apresentam-se mais distantes entre si em comparação com o agente EGDMA, o que os tornam mais reativos. Assim, nas resinas

compostas de 1,4 BDMA, um menor nível de grupos de metacrilato pendentes deve ter ocorrido, resultando em menor efeito plastificante durante os testes de resistência à flexão. Quando os corpos-de-prova foram imersos em água a temperaturas mais elevadas, observou-se uma menor resistência flexural. Os autores concluíram que as diferenças nas proporções pó-líquido, na composição e na sorção de água afetam as propriedades mecânicas destes materiais.

Tendo em vista o desenvolvimento de resinas com a adição de componentes borrachóides, consideradas pelos fabricantes como sendo resinas de alta resistência ao impacto, Stafford et al.⁶⁷, em 1980, estudaram as propriedades físicas e mecânicas de cinco resinas de alta resistência e compararam esses materiais com uma resina termopolimerizável convencional, uma resina autopolimerizável, uma resina fluida e uma resina termopolimerizável de polimerização rápida. Com base nos resultados, os autores observaram pouca variação entre as propriedades mecânicas dos materiais. Apesar de todas as resinas apresentarem módulos de elasticidade semelhantes, a deflexão das resinas autopolimerizáveis foi menor do que a das termicamente ativadas, fraturando-se antes que a força de 50 N pudesse ser aplicada. A presença do agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato nas resinas termoativadas promoveu uma maior resistência à propagação de trincas durante os testes, além de maior rigidez dos materiais.

Assim, a inclusão de agentes de ligação cruzada nas resinas autopolimerizáveis seria benéfica, visto que esse tipo de resina apresentou os maiores níveis de monômero residual (4%), o qual que promove efeito plastificante nos materiais. Foi verificado ainda que, quanto maiores as temperaturas de polimerização, menores foram os níveis de monômero residual observados, indicando que os ciclos de polimerização deveriam incluir o aquecimento da resina a 100°C. A dureza e os valores de escoamento de todas as resinas foram similares aos da resina Impact. De acordo com os autores, os mais altos valores de escoamento apresentados pelas resinas autopolimerizável e fluída devem ser atribuídos ao monômero residual.

O agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato tem sido amplamente utilizado para aumentar a resistência às microfaturas em resinas para base de prótese. No entanto, esse componente requer uma maior temperatura de polimerização para que sua reação seja completa e não permaneça agente de ligação cruzada após a reação. O agente de ligação cruzada não polimerizado pode agir como um plastificante, influenciando negativamente no material. Portanto, o objetivo do estudo desenvolvido por Hill ³⁰ em 1981 foi determinar a proporção do agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato por meio da cromatografia líquida-gasosa. As resinas acrílicas avaliadas por esse estudo foram: Lucitone,

Treavlon, Impact, Hircoe, Acron Rapid, Vinalene e De Treys. Durante a análise, não foi detectada a presença do agente de ligação cruzada na resina Impact, tendo sido este o único material a apresentar solubilidade entre as resinas testadas. As resinas Lucitone (10,1%) e Treavlon (13,6%) apresentaram as maiores concentrações de etileno glicol dimetacrilato, e as resinas Acron Rapid, Hircoe, Vinalene e De Treys continham agente de ligação em proporções menores que 10%.

O trabalho publicado por Ruyter & Øysaed ⁵⁸ no ano de 1982 teve como objetivo determinar os monômeros residuais presentes em resinas termopolimerizáveis, autopolimerizáveis e fluidas. Os resultados demonstraram que as resinas termopolimerizáveis apresentaram menores níveis de monômero residual em comparação com as resinas polimerizadas por ativação química. Segundo os autores, durante a reação de polimerização das resinas termopolimerizáveis, um tempo suficientemente longo (30 a 45 min) permite que o monômero de metil metacrilato, juntamente com o agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato, penetrem nas pérolas de polímero, resultando na formação de uma rede de ligação cruzada. No entanto, se somente um dos dois grupos metacrilato do agente de ligação cruzada reagir, grupos de metacrilato remanescentes estarão presentes, podendo atuar como plastificantes.

O objetivo do estudo realizado por Lamb et al. ³⁹, em 1982, foi avaliar a quantidade de monômero residual de uma resina autopolimerizável, variando-se o tempo (5-30 minutos) e a temperatura (22^o-55^oC) de polimerização. Nesse estudo, as amostras polimerizadas a 55^oC por 15 minutos liberaram menores níveis de monômero residual (1,6%) quando comparada às amostras polimerizadas a 22^oC por 30 minutos (3,1% a 6,2%). Com base neste resultado, os autores sugerem que, para a obtenção de amostras com baixos níveis de monômero residual, as resinas autopolimerizáveis deveriam ser polimerizadas a uma temperatura mínima de 55^oC, independentemente do tempo de polimerização estabelecido. Outro aspecto importante relatado pelos autores é o fato de que a quantidade de monômero residual liberado depende diretamente da temperatura de armazenamento da amostra. Quando as amostras foram armazenadas em água a 37^oC, foi verificada uma liberação completa do monômero (99%) após 7 dias de armazenamento e, para as amostras armazenadas a 22^oC, o tempo estipulado foi de 14 dias. Além disso, as amostras mais finas (24 µm) apresentaram uma difusão mais rápida do monômero quando comparado às amostras de espessura semelhante àsquelas das próteses. No presente estudo, observou-se a presença de radicais livres por um período acima de 50 dias após a polimerização da resina. Com base nessa informação, os autores sugerem que a concentração de monômero poderia ser reduzida por

meio de dois processos: difusão do polímero e a indução de uma polimerização complementar devido à presença destes radicais livres.

No ano seguinte, os mesmos autores ⁴⁰ investigaram o efeito de diferentes ciclos de polimerização sobre os níveis de monômero residual da resina autopolimerizável estudada previamente. Para isso, confeccionaram corpos-de-prova, polimerizados sob pressão higroscópica, utilizando duas diferentes temperaturas de polimerização (22° e 55°C). Os autores observaram que imediatamente após a polimerização, maiores níveis de monômero residual e radicais livres foram encontrados em corpos-de-prova polimerizados à temperatura de 22°C em relação àqueles polimerizados a 55°C. Tendo em vista a maior concentração de radicais livres nos corpos-de-prova polimerizados a 22°C, esses apresentaram uma maior velocidade de redução dos níveis de monômero residual devido à progressão de polimerização. Os resultados evidenciaram, ainda, que os níveis de monômero residual reduziram em função do tempo e do armazenamento, sendo essa redução mais expressiva nos primeiros dias. Os corpos-de-prova polimerizados a 22°C e subseqüentemente armazenados a 50°C produziram as menores concentrações de monômero residual (0,2%). Segundo os autores, o aumento da temperatura proporciona condições mais favoráveis para a difusão de moléculas de monômero em direção aos radicais livres presentes, resultando em uma polimerização adicional. Os

resultados indicaram que as resinas preparadas com uma alta proporção pó-líquido (5:3) apresentaram níveis de monômero residual menores quando comparadas àquelas preparadas utilizando as menores proporções (4:3). Um outro aspecto observado nesse estudo foi a menor concentração de monômero residual em corpos-de-prova polimerizados sem a presença de oxigênio. Dessa forma, pôde-se concluir que o oxigênio inibe a polimerização dos corpos-de-prova.

Em 1983, Inoue et al.³² analisaram o efeito do conteúdo de monômero residual sobre as propriedades viscoelásticas das resinas acrílicas Acron (termopolimerizável), Repairsin (autopolimerizável), Cast resin, Palapress, Pour-n-cure e Pronto II (fluidas). Os resultados demonstraram que a quantidade de monômero residual das resinas fluídas foi 3,6 a 4,7 vezes maior do que a da resina termopolimerizável, porém que esses conteúdos de monômero diminuíam com o tempo após a polimerização. Em corpos-de-prova armazenados por 3 horas, a porcentagem de monômero residual encontrada nas resinas fluídas foi de 2,06% para a resina Pour-n-cure; 1,79% para a resina Pronto II; 1,86% para a resina Palapress e 1,57% para a resina Castin. Contudo, nesse mesmo período, o conteúdo de monômero presente foi de 0,43% e 1,86% para a resina termopolimerizável e autopolimerizável respectivamente. A temperatura de transição vítrea e o efeito de um tratamento térmico a 100°C por 1 hora sobre as propriedades

mencionadas também foram avaliados. A polimerização complementar a 100°C por 1 hora melhorou as propriedades viscoelásticas das resinas fluídas e aumentou a temperatura de transição vítrea dos materiais testados. Foi verificada, ainda, uma diminuição na porcentagem de monômero residual após esse tratamento (Cast resin - 1,01%, Palapress - 0,36%, Pour-n-cure - 1,57%, Pronto II - 1,64% e Repairsin - 1,08%).

Fletcher et al. ²⁷, ainda em 1983, verificaram o conteúdo de monômero residual de duas resinas autopolimerizáveis por meio da cromatografia a gás-líquido. Para isso, corpos-de-prova (50 mm x 50 mm), com espessuras de 2 mm ou 4 mm, foram confeccionados e armazenados em água à temperatura ambiente por 24 horas. Após esse período, amostras de 100 g de cada corpo-de-prova eram coletadas para o processo de análise. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que: 1 - os corpos-de-prova mais espessos produziram níveis de monômero residual estatisticamente menores. Segundo os autores, esse fato estaria relacionado à maior elevação da temperatura exotérmica de polimerização em espessuras maiores, resultando em maior grau de polimerização; 2 - os níveis de monômero residual das resinas autopolimerizáveis utilizadas nesse estudo demonstraram ser maiores que àqueles descritos para as resinas termopolimerizáveis em um estudo prévio.

Em 1986, Murphy et al.⁵² analisaram a composição química, a temperatura de transição vítrea, a energia de impacto, a alteração dimensional, a dureza, sorção e solubilidade, a resistência à flexão, a distribuição do tamanho das partículas e o peso molecular do pó de quatro resinas autopolimerizáveis (Peripheral Seal, Total, Rebaron e Kooliner) e duas resinas para base de prótese: uma resina quimicamente ativada (De Trey SOS) e outra termopolimerizável (Trevalon). As resinas Peripheral Seal, Total e Kooliner apresentaram em sua composição o pó de polietil metacrilato e o líquido de butil metacrilato. Para as resinas Rebaron, De Trey SOS e Trevalon, as análises da cromatografia a gás demonstraram a presença do pó de polimetil metacrilato e o metil metacrilato em seu líquido. Além disso, foi observado que a resina Rebaron continha em sua composição 8% de plastificador e que as resinas para base de prótese apresentavam 7%-8% do agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato. Os resultados dos ensaios mecânicos demonstraram uma correlação entre a composição química de cada material e as propriedades avaliadas. Esse estudo demonstrou que as resinas à base de polietil metacrilato/butil metacrilato apresentaram valores de dureza, deflexão transversa e energia ao impacto inferiores aos das resinas à base de polimetil metacrilato, principalmente a resina Kooliner, que apresentou a menor energia ao impacto entre as quatro resinas para reembasamento. A resina Rebaron, o único material reembasador composto por polimetil

metacrilato, apresentou valores de energia ao impacto semelhantes aos das resinas para base de prótese. Foi observada, ainda, que a temperatura de transição vítrea das resinas para base de prótese foi consideravelmente mais alta do que a das outras quatro resinas para reembasamento, sendo a temperatura de transição vítrea da resina Kooliner de aproximadamente 68,1°C. De acordo com os autores, as resinas para reembasamento imediato devem ser indicadas como materiais temporários. Além disso, os autores recomendaram a utilização do material à base de butil metacrilato em pacientes alérgicos ao polimetil metacrilato devido ao menor grau de irritação promovido por esse monômero na cavidade bucal.

No mesmo ano, Price ⁵⁶ realizou um estudo com o propósito de investigar o efeito da adição de diferentes concentrações (10% a 50%) e de tipos de agentes de ligação cruzada sobre a resistência ao impacto de uma resina termopolimerizável à base de polimetil metacrilato. Foram selecionados oito tipos de agentes de ligação cruzada com base nas diferenças de comprimento e flexibilidade das cadeias das moléculas. Os resultados demonstraram que, de maneira geral, a resistência ao impacto era reduzida com o aumento da concentração do agente de ligação cruzada incorporado. Foi observada, ainda, uma menor resistência ao impacto quando agentes de ligação cruzada com cadeias curtas eram utilizados, como por exemplo o etilenoglicol dimetacrilato. O agente de ligação cruzada

com cadeias mais longas, porém menos flexíveis, 1,6 hexametileno glicol dimetacrilato (1,6 HMGDMA), não produziu efeito sobre a resistência ao impacto quando utilizado em concentrações de até 25%. Por outro lado, a incorporação de 50% dos agentes de ligação cruzada com cadeias mais longas e flexíveis (Tetraetileno glicol dimetacrilato e polietileno glicol 600 dimetacrilato) favoreceu significativamente a resistência ao impacto. A maior flexibilidade dessas moléculas, segundo o autor, estaria relacionada à presença destes átomos de oxigênio nas cadeias moleculares. Assim, os resultados permitiram concluir que o tamanho das cadeias moleculares dos agentes de ligação cruzada apresentou menor efeito sobre a resistência ao impacto da resina em comparação com o aumento da flexibilidade da cadeia.

De Clerck ²¹, em 1987, descreveu algumas considerações relacionadas à utilização de irradiação por microondas para a polimerização de resinas acrílicas utilizadas na confecção de bases de prótese. De acordo com o estudo, a reação de polimerização das resinas termopolimerizáveis tem início com a da ativação térmica do iniciador (peróxido de benzoila). Esse iniciador sofre decomposição e promove os primeiros radicais livres responsáveis pelo início da reação em cadeia abrindo as ligações duplas das moléculas de metil metacrilato. A reação de polimerização ocorre de maneira mais rápida à medida que a temperatura da resina é aumentada, como

ocorre nos métodos tradicionais em banho de água. Porém, segundo o autor, por esse método de processamento, a temperatura interna da resina pode atingir valores acima daqueles da ebulição do monômero (108°C), causando porosidades internas. Esse aquecimento excessivo ocorre em função da dificuldade de dissipação do calor para o meio externo durante a reação exotérmica de polimerização e pelo aquecimento da mufra. O autor relatou, para os métodos convencionais, que a polimerização deveria ser conduzida lentamente e a temperaturas mais baixas. Um outro aspecto importante a ser considerado é a polimerização das resinas por meio da energia das microondas, que permite o aquecimento da resina mantendo a temperatura da mufra relativamente baixa. As microondas são descritas como sendo ondas eletromagnéticas produzidas por um gerador denominado magnetron. A sua aplicação permite a movimentação das moléculas de metil metacrilato do monômero pelo aquecimento interno produzido por um campo eletromagnético de alta frequência. Essas moléculas possuem em cada extremidade cargas ligeiramente positivas e negativas e, quando submetidas a um campo eletromagnético, vibram com frequência de aproximadamente 5 bilhões de vezes por segundo, convertendo a energia eletromagnética em calor como resultado de fricção molecular. Dessa forma, o aumento da temperatura ocorre no interior do material, independentemente da sua condutividade térmica. Segundo o autor, nos métodos convencionais, o aumento da temperatura de aquecimento da resina ocorre no final do ciclo de

polimerização, impedindo o deslocamento das moléculas de monômero em direção aos radicais livres. Conseqüentemente, o monômero residual fica retido no polímero. Tendo em vista que as microondas atuam diretamente nas moléculas de monômero, à medida que o grau de polimerização aumenta, um número menor de moléculas absorve a energia gerada, o que as tornam progressivamente mais ativas. Dessa forma, uma reação completa de polimerização ocorre resultando em níveis de monômero residual extremamente baixos.

Para avaliar o efeito de diferentes métodos de limpeza sobre a alteração de cor e a resistência à flexão de duas resinas termopolimerizáveis (Metocryl Clear e Trevalon) e uma resina autopolimerizável (De Trey Rapid Repair), Robinson et al.⁵⁷, em 1987, submeteram corpos-de-prova a um dos seguintes tratamentos: 1) imersão em solução de peróxido alcalino a 50°C; 2) imersão em solução de peróxido alcalino a 95°C; 3) 1 hora a 21°C em vapor de acetona e imersão em água a 37°C; 4) 1 hora a 21°C em vapor de acetona e imersão em água a 95°C; 5) 1 hora a 21°C em vapor de acetona e imersão em solução de peróxido alcalino a 95°C e 6) imersão em uma solução de hipoclorito a 95°C. Além disso, outros corpos-de-prova foram imersos apenas em água à temperaturas de 21°C e 95°C. Os resultados demonstraram um aumento na resistência à flexão quando as resinas Metocryl e DeTrey Rapid Repair foram submetidas

ao banho de água a 95°C. Segundo os autores, esse resultado é atribuído ao aumento no grau de polimerização dos materiais.

Ainda em 1987, Bunch et al.¹⁵ avaliaram a temperatura de polimerização, a estabilidade de cor e a resistência de união de cinco resinas autopolimerizáveis (Perm Reline and Repair Resin; Flexacryl-Hard; Self-curing Rebase Acrylic; COE-Rect e Kooliner) indicadas para o reembasamento do tipo imediato. Para o estudo, foram selecionadas três resinas à base de polimetil metacrilato e duas à base de polietil metacrilato. Os resultados da temperatura de polimerização dos materiais reembasadores indicaram uma variação de até 10 graus entre materiais, tendo os materiais compostos por polietil metacrilato apresentado temperaturas máximas de aproximadamente 42°C. Porém, ao avaliarem a variação de temperatura dos materiais na condição intra-oral, observaram que a temperatura máxima de polimerização foi reduzida, bem como o tempo necessário para atingi-la. A resina Kooliner demonstrou resistência de união significativamente inferior em relação aos demais materiais reembasadores quando unida a todas as resinas para base de prótese avaliadas, tendo sido evidenciado, ainda, que essa resina apresentou 100% de falhas do tipo adesiva quando unida a três das quatro resinas para base de prótese testadas. Contudo, a significância clínica desse resultado é desconhecida.

O objetivo do estudo de Al Doori et al. ¹, em 1988, foi comparar os métodos de polimerização de resinas acrílicas por meio da energia das microondas e banho de água. Os autores analisaram o peso molecular, o grau de conversão do monômero e a porosidade de quatro resinas indicadas para base de prótese. Os resultados evidenciaram que a polimerização em microondas utilizando-se uma potência de 70 W por 24 minutos produziu corpos-de-prova com níveis de monômero residual significativamente maiores que aqueles observados quando foi utilizado o método por banho de água por 7 horas a 70°C, seguido de um período de 3 horas a 100°C. Além disso, os níveis mais elevados de monômero residual foram observados em uma resina especialmente desenvolvida para polimerização rápida, independentemente dos métodos de polimerização utilizados. Os autores relatam que um nível de 0,3% de monômero residual deve ser considerado insignificante. Entretanto, este nível somente foi obtido nos materiais polimerizados pelo método convencional em banho de água. Além disso, foi verificado que, com a utilização do método de polimerização por microondas, o risco de porosidade aumenta em espessuras de resina acrílica maiores, particularmente na resina formulada para polimerização rápida. Os resultados deste estudo demonstraram, ainda, que não houve diferença entre os métodos de polimerização avaliados com relação aos pesos moleculares dos materiais.

Segundo Chitchumnong et al.¹⁸, em 1989, os polímeros utilizados na confecção de bases de prótese falham clinicamente devido à fadiga flexural, portanto testes de resistência flexural seriam os mais adequados por refletirem a distribuição de forças que ocorrem em situações clínicas, permitindo a comparação do comportamento de diferentes polímeros. Assim, os autores compararam as propriedades mecânicas, por meio de testes de resistência à flexão por três e quatro pontos, de resinas para bases de prótese. Os materiais foram manipulados seguindo-se as recomendações dos fabricantes, e os corpos-de-prova foram obtidos nas seguintes dimensões: 65 mm x 10 mm x 2,5 mm. Após um período de imersão em água a 37°C por 30 dias, os testes foram realizados em uma máquina universal para testes mecânicos, a uma velocidade de 5 mm/min. Os resultados demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os valores de módulo de elasticidade produzido pelos diferentes métodos utilizados. Porém, os testes de resistência à flexão por três pontos revelaram maiores valores quando comparados àqueles obtidos por quatro pontos, indicando que a propriedade de resistência à flexão é mais sensível às variações de procedimentos durante os testes que o módulo de elasticidade. Segundo os autores, uma redução na proporção entre a distância dos apoios e a espessura dos corpos-de-prova seria indicada, pois a expressão da resistência à flexão é válida em deflexões baixas. Dessa forma, um aumento na espessura dos corpos-de-prova seria

recomendável para diminuir a porcentagem de erro nestas mensurações, favorecendo a precisão dos resultados obtidos em testes de resistência à flexão.

Em 1989, Jerolimov et al.³⁶ relataram que a ocorrência de porosidade em resina acrílica depende da velocidade de polimerização e da dissipação de calor durante este processo. Nos casos em que a velocidade de polimerização é muito elevada, o calor gerado pela reação exotérmica de polimerização não consegue dissipar-se a uma velocidade suficientemente rápida, causando a evaporação do monômero e, conseqüentemente, porosidades internas. Com base nessa informação, o objetivo deste estudo foi verificar o efeito de diferentes concentrações do iniciador peróxido de benzoila e do ativador dimetil-p-toluidina, responsáveis pela velocidade de reação, sobre a ocorrência de porosidades, nível de monômero residual e propriedades mecânicas de resinas termopolimerizáveis. Os resultados demonstraram que, tanto para ciclos de polimerização curtos como longos, concentrações de aproximadamente 0,26% de peróxido de benzoila e 0,025 de dimetil-p-toluidina produziram polímeros com ausência de porosidade, independentemente da espessura dos corpos-de-prova. O ciclo longo de polimerização produziu menores níveis de monômero residual. Nas resinas acrílicas ativadas termicamente,

com ciclos de temperatura elevada, os níveis de monômero residual são maiores nas regiões centrais dos corpos-de-prova devido ao maior grau de conversão superficial promovido pelo aquecimento externo. Por outro lado, a maior concentração de monômero residual em corpos-de-prova de resinas autopolimerizáveis, ou aquelas polimerizadas a temperaturas mais baixas (70°C), está presente na região superficial, pois o um maior aquecimento interno é proporcionado pela reação exotérmica de polimerização. As variações nas concentrações de ativador e iniciador não proporcionaram alterações significativas nas propriedades de resistência à flexão e resistência ao impacto.

Arab et al. ⁶, em 1989, analisaram a influência do conteúdo de monômero residual sobre a alteração de cor e as propriedades mecânicas de uma resina para base de prótese. Os corpos-de-prova (65 mm x 15 mm x 1,7 mm) foram confeccionados e submetidos a dois diferentes ciclos de polimerização: 16 horas a 70°C, seguido de 3 horas a 100°C e 8 horas a 70°C. Os corpos-de-prova foram divididos em quatro grupos e imersos em diferentes soluções: 1) agente de limpeza em água a 50°C; 2) somente em água a 50°C; 3) agente de limpeza em água a 100°C e 4) somente em água a 100°C. Após cada imersão, esses corpos-de-prova foram armazenados em água à temperatura ambiente por 24 horas, tendo sido esses procedimentos repetidos por um período de 100 dias. Nesse estudo, foram observados

aumento da opacidade, perda de integridade superficial, redução da resistência flexural e aumento da dureza superficial em corpos-de-prova submetidos a uma temperatura de 100°C, independentemente da utilização do agente de limpeza. A influência do alto conteúdo de monômero residual na redução dos valores de resistência flexural e de dureza superficial foi, ainda, observada. Segundo os autores, essa redução provavelmente estaria relacionada ao efeito plastificante do monômero residual, que reduz as forças intermoleculares e favorece a deformação do material durante os testes mecânicos.

Em 1991, Davy & Braden ²⁰, ao avaliarem a liberação de monômero residual em polímeros, observaram maiores níveis de liberação na resina à base de polimetil metacrilato do que àquela composta por *n*-butil metacrilato. Segundo os autores, as moléculas do *n*-butil metacrilato são menos solúveis e maiores do que as moléculas do metil metacrilato. Foi observado que a liberação de monômero é mais intensa quando a resina se apresenta na fase plástica, sendo esses níveis significativamente reduzidos após 1 hora de polimerização, tendo sido esses resultados relacionados ao desenvolvimento, ao longo do processo de polimerização, de um menor coeficiente de difusão do monômero que depende diretamente da sua concentração. Além disso, os autores sugerem que a redução nos níveis de

liberação de monômero residual teria ocorrido em função da polimerização continuada do monômero.

Em 1991, Jerolimov et al.³⁵ avaliaram a temperatura de transição vítrea de três resinas termopolimerizáveis para base de prótese quando submetidas a diferentes ciclos de polimerização. Para o estudo, foram utilizadas uma resina para base de prótese convencional (Trealon), uma resina acrílica de alto impacto (Lucitone 199) e um homopolímero de polimetil metacrilato (TS1195). Corpos-de-prova de dimensões 7 mm x 5 mm foram confeccionados, tendo sido utilizado o método de polimerização em banho de água nos seguintes ciclos: 1) ciclo curto - as muflas foram imersas em água em ebulição, removendo-se a fonte de calor por 20 minutos. Quando a ebulição foi então alcançada, as muflas foram mantidas a 100°C por 10 min; 2) ciclo médio - as muflas foram imersas em água e a temperatura foi elevada a 70°C por 7 horas. Em seguida, a temperatura foi elevada a 100°C por 3 horas; 3) ciclo longo - as muflas foram imersas em água e a temperatura elevada a 70°C por 14 horas. Todas as amostras foram condicionadas em água a 37°C por 7 dias previamente ao teste. Nesse estudo, o ciclo de polimerização demonstrou exercer influência considerável sobre a temperatura de transição vítrea das amostras de resinas para base de prótese. Os autores observaram que o ciclo longo de polimerização produziu os menores valores de temperatura de transição vítrea. Segundo os

autores, o ciclo médio de polimerização deve ser recomendado por produzir corpos-de-prova com a mais alta temperatura de transição vítrea, favorecendo, dessa forma, suas propriedades mecânicas.

No ano de 1992, Caycik & Jagger ¹⁶ avaliaram o efeito dos agentes de ligação cruzada (etilenoglicol dimetacrilato, polietilenoglicol dimetacrilato e tetraetilenoglicol dimetacrilato) sobre as propriedades mecânicas de resina à base de polimetil metacrilato. Os agentes de ligações cruzadas foram adicionados à resina em concentrações que variaram entre 0-60% por volume de monômero. Os corpos-de-prova foram polimerizados a 70°C por 7 horas e 3 horas a 100°C. Todas as amostras foram saturadas em água por 28 dias a 37°C previamente aos testes. As amostras de resistência ao impacto de 50 mm x 6 mm x 4 mm foram testados a $22^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$, utilizando-se um pêndulo de 0,5 J. Amostras de dimensões 65 mm x 10 mm x 2,5 mm foram submetidas ao teste de resistência à flexão imersas em água a 37°C a uma velocidade de 5 cm/min. Além disso, foi mensurada a deflexão do material a 15 N, 35 N e 50 N. Houve um aumento na resistência ao impacto das amostras contendo 10% de etilenoglicol dimetacrilato. Contudo, a resistência ao impacto diminuiu gradualmente com as mais altas concentrações de etilenoglicol dimetacrilato. Um aumento significativo foi observado quando as concentrações de tetraetilenoglicol dimetacrilato e polietilenoglicol dimetacrilato foram acima de 40%. No entanto, uma

diminuição foi observada quando estes agentes foram utilizadas em concentrações de 60%.

Em 1992, Sadamori et al.⁶⁰ realizaram um estudo longitudinal com o propósito de verificar os níveis de monômero residual de 24 próteses totais superiores por um período que variou de 1 a 17 anos. Os resultados evidenciaram menores níveis de monômero residual em próteses utilizadas por longos períodos. Porém, foi observada uma maior velocidade de redução do conteúdo de monômero residual nos primeiros 5 anos de utilização das próteses. De acordo com os autores, as variações do conteúdo de monômero residual observadas nos mesmos períodos foram relacionadas ao procedimento de armazenamento das próteses em água durante a noite, a métodos de processamento e ao tipo de resina de base utilizada.

Frangou & Polyzois²⁸, em 1993, analisaram o comportamento viscoelástico e a dureza de resinas para base de prótese, utilizando-se os métodos de polimerização em banho de água e em microondas. Os corpos-de-prova das resinas termopolimerizáveis Lucitone 199 e TS 1195 foram submetidos ao ciclo de polimerização a 70°C por 7 horas e posteriormente elevada a 100°C por 3 horas. No entanto, a resina termopolimerizável específica para microondas Acron MC foi polimerizada a 70°C por 90 minutos, seguida por 100°C por 30 minutos e a resina

termopolimerizável QC 20 foi submetida a dois diferentes ciclos de polimerização: 20 minutos a 100°C e, para o segundo ciclo, a resina foi imersa em água em ebulição, a fonte de calor foi retirada por 20 minutos e então reaquecida em água em ebulição por 20 minutos. Além disso, foram confeccionados corpos-de-prova adicionais de todos os materiais testados e estes foram submetidos ao ciclo de polimerização em microondas a 500 W por 3 minutos. Para o teste de dureza, foi utilizado um microdurômetro equipado com um diamante Vickers, aplicando-se uma carga de 300 gf por 15 segundos. Foram realizadas 10 mensurações para cada corpo-de-prova e, a seguir, a média foi calculada. Para avaliar a deformação de cada material, aplicou-se uma carga de 300 gf e, a seguir, a deformação foi calculada pela diferença entre as mossas apresentadas a 5 e após 180 segundos. Os corpos-de-prova polimerizados utilizando-se o ciclo de polimerização em microondas apresentaram valores de dureza similares ou menores do que os corpos-de-prova polimerizados com um dos ciclos de polimerização específicos para as resinas para bases de prótese. Além disso, as resinas para bases de próteses exibiram comportamento viscoelástico similares quando polimerizados em microondas ou em banho de água. Nesse estudo, as diferenças nos valores de dureza foram atribuídas ao método de polimerização e ao conteúdo de monômero residual presente em cada material.

O estudo de Tsuchiya et al.⁷², em 1994, teve como objetivo quantificar as concentrações de monômero metil metacrilato e de formaldeído liberados em saliva humana e artificial, bem como avaliar a citotoxicidade de resinas para base de prótese. O formaldeído produziu efeito citotóxico mesmo em baixas concentrações, em comparação com o monômero de metil metacrilato. Com o objetivo de reduzir esses efeitos, o autor avaliou a efetividade da imersão dos corpos-de-prova em água por períodos de 10 a 60 minutos na redução dos níveis de liberação das substâncias avaliadas. Além disso, o efeito da imersão das resinas em água aquecida a 50°C sobre a liberação de monômero residual e do formaldeído também foi avaliada. Os resultados indicaram uma redução significativa na concentração de monômero residual e de formaldeído após a imersão dos materiais em água por uma hora, principalmente quando a água foi aquecida a 50°C. Com base nos resultados obtidos, os autores recomendam a imersão de materiais para base de prótese, particularmente as resinas autopolimerizáveis, em água aquecida com o objetivo de reduzir o risco de reações adversas nos pacientes portadores de prótese, causadas pela liberação de monômeros residuais e do formaldeído.

No ano de 1994, Yunus et al.⁸¹ analisaram o efeito da irradiação por microondas sobre o conteúdo de monômero residual e resistência flexural de uma resina autopolimerizável (Meliodent) à base de

metil metacrilato utilizada para reparos e reembasamento. Para a determinação do conteúdo de monômero residual, os corpos-de-prova foram analisados por meio de cromatografia a gás e os resultados expressos em porcentagem a partir do peso de cada corpo-de-prova. No primeiro grupo (GI), os corpos-de-prova foram polimerizados sobre a bancada e mantidos sob pressão. Para o segundo grupo (GII), os corpos-de-prova foram imersos em água a 35°C por 20 minutos em um compartimento pressurizado a 2,2 bar e, para o terceiro grupo (GIII), foi utilizado um forno de microondas a 50 W por 5 minutos, após 20 minutos de polimerização sobre a bancada. Todos os corpos-de-prova foram mantidos em banho de água a 37°C e o conteúdo de monômero residual foi determinado em intervalos de 20 minutos, 1 hora, 1 semana e 1 mês após a confecção dos corpos-de-prova. Os resultados demonstraram que o GIII apresentou a metade do conteúdo de monômero residual do GI. Todos os corpos-de-prova apresentaram uma diminuição no conteúdo de monômero com o tempo, atingindo um valor constante em um mês. Além disso, foram confeccionados trinta corpos-de-prova da resina para base de prótese Trevalon com as seguintes dimensões: 65 mm x 10 mm x 2,5 mm. Os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à flexão e à deflexão com o auxílio de uma máquina de ensaios universal, estando imersos em água e mantida a $37^{\circ} \pm 1,0^{\circ}\text{C}$ por meio de um termocirculador. Em seguida, todos os corpos-de-prova foram armazenados em água a 37°C por 28 dias, fraturados e, a seguir, reparados com a resina

autopolimerizável. Os corpos-de-prova reparados foram divididos aleatoriamente em três grupos (Gla, GIIa e GIIIa) e submetidos, respectivamente, aos métodos de polimerização descritos anteriormente. Os testes de resistência à flexão foram realizados 1 hora após a confecção do reparo. Em relação ao módulo de elasticidade, os valores obtidos no GIIIa foram significativamente maiores em relação aos dos demais grupos. Por outro lado, não foram obtidas diferenças significativas entre o Gla e o GIIa. Com relação ao teste de resistência à flexão, foram observadas diferenças significativas entre os três grupos. Os corpos-de-prova do GIIIa apresentaram valores de resistência à flexão maiores que os do Gla e GIIa. Estes resultados sugerem que o conteúdo de monômero residual afeta a resistência das resinas acrílicas reparadas, tendo-se que quanto menor o conteúdo de monômero residual maior a resistência do reparo. Segundo os autores, uma polimerização complementar pode ser obtida utilizando-se a irradiação por microondas.

Dogan et al.²², em 1995, analisaram o efeito da temperatura e do tempo de polimerização sobre as propriedades mecânicas, o conteúdo de monômero residual e a absorção de água de três resinas termopolimerizáveis (QC 20, Paladon 65 e SR-Ivocap) e duas resinas autopolimerizáveis (Meliodent e Palapress). As resinas autopolimerizáveis

foram confeccionadas a temperatura constante em banho de água, utilizando-se os ciclos de 20°, 25° ou 30 °C por 30 minutos. Os corpos-de-prova das resinas termopolimerizáveis foram submetidos ao ciclo de polimerização a 100°C, utilizando-se os seguintes tempos de polimerização: 30, 40 ou 50 minutos. Para o estudo, dez corpos-de-prova de cada condição experimental foram submetidos ao teste de resistência à tração e porcentagem de alongamento em uma máquina de ensaios mecânicos universal. Para a análise da absorção de água, os corpos-de-prova (6 mm x 3 mm x 0,5 mm) foram armazenados em água destilada a $25^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 2 meses e pesados em intervalos de 15 minutos nas primeiras 2 horas, a cada 30 minutos durante 6 horas e então a cada 24 horas. A análise do conteúdo de monômero residual foi realizada por meio da cromatografia líquido-gasosa e os resultados demonstraram uma diminuição do conteúdo de monômero residual quando as resinas termopolimerizáveis foram submetidas a um maior tempo de polimerização (50 minutos). Para as resinas autopolimerizáveis, esta diminuição do conteúdo de monômero residual foi observada em amostras submetidas a uma temperatura mais elevada (30°C). Os autores observaram, ainda, uma melhora nas propriedades mecânicas dos materiais com a diminuição do conteúdo de monômero residual. Esse comportamento pode ser atribuído ao efeito plastificante do monômero residual na matriz do polímero. Além disso, uma diminuição inicial na massa das amostras de polimetil metacrilato foi verificada após sua imersão em

água, devido à difusão do monômero residual localizado na camada mais superficial da resina. No entanto, esta diminuição inicial da massa não foi observada em algumas resinas que apresentaram um alto conteúdo de monômero residual. Os autores atribuíram este resultado à localização do monômero residual na amostra. Provavelmente, este alto conteúdo de monômero residual permaneceu preso na camada mais interna da amostra, não conseguindo difundir-se em um curto período de tempo. Nesse estudo, foi verificada, ainda, a influência do tempo de polimerização sobre a absorção de água do material. Um tempo de polimerização mais longo aumentou o número de ligações cruzadas, promovendo uma maior dureza, menor porosidade e uma menor absorção de água na matriz de polímero.

O conteúdo de monômero residual de uma resina autopolimerizável e uma termopolimerizável, bem com a sua liberação em água foi avaliado por Vallittu et al.⁷³, em 1995. Para isso, corpos-de-prova confeccionados com os materiais foram, inicialmente, armazenados em água a temperatura de 22° ou 37°C por períodos de um a sessenta dias. O método de cromatografia líquida de alta eficiência foi utilizado para a análise do conteúdo de monômero residual nas amostras de resina, bem como nos meios de armazenamento. Os resultados demonstraram que a resina autopolimerizável apresentou significativamente maior conteúdo de monômero residual em relação às resinas de ativação térmica. Segundo os

autores, o conteúdo foi amplamente reduzido durante o primeiro dia, principalmente quando o armazenamento foi realizado a 37°C. Este fato pode ser atribuído ao maior conteúdo de monômero residual presente nas resinas ativadas quimicamente e devido à maior porosidade do material, dessa forma, facilitando o processo de difusão. Com base nesses resultados, os autores sugerem a imersão de próteses em água a 37°C por um período entre um e dois dias tendo como objetivo a redução na quantidade de monômero residual na base da prótese, bem como sua liberação na saliva.

As propriedades de resistência à flexão, absorção de água e solubilidade de resinas acrílicas autopolimerizáveis indicadas para reembasamento direto foram avaliadas por Arima et al. ⁸, em 1995. Seis materiais foram avaliados, sendo que quatro deles apresentavam agentes de ligação cruzada. Corpos-de-prova para testes de resistência à flexão (64 mm x 10 mm x 2,5 mm) foram confeccionados seguindo-se as instruções dos fabricantes e armazenados em água destilada por um período de 50 horas antes da realização dos testes. Para avaliação das propriedades de absorção de água e solubilidade, após a sua confecção, os corpos-de-prova (50 mm x 0,5 mm) foram armazenados em um dissecador a 37°C até atingirem massa constante. Após este período, os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C por 7 dias e recondicionados a massa constante. Os resultados demonstraram que todos os materiais

reembasadores apresentaram valores de média de resistência à flexão significativamente menores que uma resina termicamente polimerizada, indicada para base de prótese. Apesar da resina Rebaron apresentar composição semelhante à da resina termopolimerizável, a presença de agente plastificante produziu uma menor resistência à flexão em relação à resina para base de prótese. A presença de agente plastificante na resina para reembasamento New Tru Liner também foi considerada responsável por sua maior flexibilidade. Foi observado, ainda, que, em relação às resinas para reembasamento, aquelas que apresentavam agentes de ligação cruzada (Metabase, Mild e Tokuso Rebase) produziram maiores valores de resistência à flexão e módulo de elasticidade. Com exceção da resina Kooliner, os demais materiais reembasadores demonstraram menor absorção de água que a resina termopolimerizável. Além disso, este material demonstrou maior solubilidade em relação a todos os materiais avaliados.

Machado Cucci et al.⁴⁷, em 1996, avaliaram o efeito do armazenamento em água sobre a alteração dimensional de corpos-de-prova confeccionados com a resina para base de prótese Lucitone 550 e duas resinas para reembasamento (Kooliner e Duraliner). Para o estudo, todos os corpos-de-prova foram mensurados imediatamente após sua polimerização, após 24 horas, 48 horas, 72 horas, 96 horas, 7 dias, 14 dias, 1 mês e 2 meses de imersão em água. Foi verificado que todos os materiais

apresentaram contração de polimerização imediatamente após a sua remoção da matriz. Os resultados evidenciaram, ainda, que uma das resinas para reembasamento direto (Duraliner II) apresentou um aumento contínuo de contração durante os períodos experimentais, tendo resultado em aproximadamente 1,4% de alteração dimensional após um mês de armazenamento, considerada clinicamente significativa. Segundo os autores, este comportamento estaria relacionado à alta proporção de monômero indicada pelo fabricante deste material. Por outro lado, nenhuma diferença significativa foi observada entre os materiais Kooliner e Lucitone 550 que produziram alterações dimensionais mínimas e similares entre si.

Tendo em vista o número crescente de resinas autopolimerizáveis para reembasamento de prótese, o estudo de Arima et al.⁹, em 1996, avaliou a composição química, a temperatura de transição vítrea, o peso molecular e a distribuição do tamanho das partículas do pó de seis diferentes materiais reembasadores (Rebaron, Tokuso Rebase, Mild, Metabase, Kooliner, New Tru Liner). Os resultados evidenciaram que o pó da resina Rebaron é composto de polimetil metacrilato (PMMA), o da resina Metabase polietil metacrilato (PEMA) e PMMA/PEMMA e o pó dos demais reembasadores continham somente PEMA. A análise qualitativa e quantitativa dos líquidos das várias resinas, por meio de cromatografia líquida de alta eficiência, demonstrou que a resina Rebaron apresenta metil

metacrilato (MMA) e ácido di-n-butil éster (DBS); a resina Mild contém 2-etilhexil metacrilato (2-EHMA), 2-hidroxietil metacrilato (2-HEMA), trimetilolpropano trimetacrilato (TMPT) e 1,4-butanediol dimetacrilato (1,4-BDMA) e a resina Metabase apresentou MMA, EHMA e 1,6-hexanediol dimetacrilato (1,6-HDMA). O líquido da resina Kooliner é composto exclusivamente por isobutil metacrilato (IBMA) e não apresenta agentes de ligação cruzada ou plastificantes. A resina New Tru Liner contém IBMA e ácido ftálico di-n-butil éster (DBP) e, para a resina Tokuso Rebase, a análise detectou a existência de dois monômeros (1,6-HDMA e β -metacriloiloxietyl propionato). As temperaturas de transição vítrea (T_g) padrão do PMMA e do PEMA foram obtidas, inicialmente, para obtenção de dados utilizados como referência. Os resultados indicaram que as resinas autopolimerizáveis Tokuso Rebase e Kooliner apresentaram T_g de 73,2° e 76,5°C respectivamente. A análise à laser da distribuição dos tamanhos das partículas demonstrou que o pó das resinas Rebaron, Mild, Kooliner, Metabase e New Tru Liner continham partículas com dimensões que variaram de 50 a 100 μm e a resina Tokuso Rebase apresentaram partículas com tamanhos de 20 μm a 50 μm .

No ano de 1997, Takahashi et al.⁷¹ analisaram, por meio do ensaio mecânico de resistência à flexão em 3 pontos a uma velocidade constante de 2 mm/min, o limite de deformação elástica dos materiais para

base de próteses reembasadas com as resinas fotopolimerizáveis Triad e Rebaron LC e com as resinas autopolimerizáveis Tokuso Rebase e Rebaron. Para esse estudo, foram confeccionados corpos-de-prova com diferentes proporções de espessuras entre o material reembasador e a resina para base de prótese (0,5:2 mm, 1:1,5 mm, 1,5:1 mm e 2:0,5 mm). Como parâmetro de comparação, foram confeccionados corpos-de-prova constituídos apenas de materiais para base de próteses. Previamente ao teste de resistência flexural, todas as amostras foram armazenadas a 37°C por 24 horas. Os resultados demonstraram que o reembasamento de bases de próteses diminuiu significativamente a resistência à deformação elástica de todas as resinas para reembasamento. Nesse estudo, a resina Triad apresentou o mais alto limite proporcional ($58,3 \pm 0,9$ MPa). No entanto, as outras três resinas avaliadas demonstraram um limite proporcional pelo menos 50% menor que a resina para base de prótese, sendo o menor valor apresentado pela resina Tokuso Rebase ($19,8 \pm 1,4$ MPa). Com exceção da resina Triad, a resistência à deformação plástica do corpo-de-prova reembasado foi progressivamente diminuída com o aumento da espessura do material reembasador. Dessa forma, para que se possa obter uma boa resistência à flexão, a base da prótese não deve ser desnecessariamente alterada durante o procedimento de reembasamento.

A dureza Vickers tem sido amplamente utilizada na caracterização das propriedades de metais e porcelanas por ser considerado um método fácil e objetivo na avaliação de materiais com pequeno volume. Entretanto, há pouca informação na literatura sobre a utilização desse método na análise de dureza de polímeros rígidos. Low ⁴³, em 1998, estudou o comportamento viscoelástico de um polímero rígido, variando o tempo e a força aplicada sobre o material. A variação da dureza Vickers, em função da força aplicada, foi avaliada entre 0-300 N por 20 segundos de contato. A influência do tempo de aplicação da força sobre a dureza do material foi verificada entre 0-20 horas, aplicando-se uma força de 50 N. Além disso, a recuperação elástica do polímero foi observada por meio das mensurações dos valores de dureza imediatamente e 100 horas após a obtenção da moosa (impressão). Os resultados demonstraram que o tamanho das moosas aumentou com o aumento da força aplicada. Contudo, não foram observadas fendas radiais sobre o polímero acrílico mesmo quando o material foi submetido à força máxima de 300 N. De acordo com o autor, a ausência de fendas pode ser explicada devido ao baixo valor de dureza apresentado pelo material e pela necessidade da aplicação de uma força muito alta (800 N) para iniciá-las. Nesse estudo, foi observado que a dureza desse material independe da força aplicada. Por outro lado, a natureza viscoelástica do acrílico durante a impressão demonstrou alterações de dureza em função do tempo de aplicação da carga. Acima de um período de

20 horas, foi verificada uma diminuição de 47% na dureza do polímero e um aumento de aproximadamente 31% na deformação do material devido ao seu escoamento. Isto sugere que o tamanho da massa aumentou com o tempo de aplicação da força como resultado da fluidez viscoelástica e do processo de relaxamento. Quando os valores de dureza foram analisados imediatamente e 100 horas após a impressão, estes permaneceram quase inalterados com o tempo, o que indica a quase ausência de recuperação elástica ao longo das diagonais das massas. Entretanto, foi observado que a recuperação elástica ocorre nas faces e não ao longo das diagonais da impressão. Isso indica que somente o material ao longo das diagonais apresentou uma deformação plástica permanente devido à intensa concentração de estresse. Segundo o autor, a ausência de recuperação elástica ao longo das diagonais justificaria a indicação da dureza Vickers como um método conveniente para a avaliação da dureza e da viscoelasticidade dos polímeros rígidos.

No mesmo ano, a International Standard Organization ³³ publicou a especificação (n^o 1567) referente aos polímeros para bases de próteses. De acordo com as normas, o ensaio mecânico de resistência à flexão deve ser realizado em corpos-de-prova com dimensões de 64 mm de comprimento, 10 mm \pm 0,2 mm de largura e 3,3 mm \pm 0,2 mm de espessura. Além disso, os corpos-de-prova da resina para base de prótese devem ser

armazenados em água a temperatura de $37^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por $50 \text{ h} \pm 2$ horas, previamente ao teste. O equipamento utilizado deve ser calibrado e os corpos-de-prova devem ficar apoiados sobre suportes distantes $50 \text{ mm} \pm 0,1$ mm entre si, utilizando-se uma velocidade de 5 mm/min . Para as resinas termopolimerizáveis (Tipo 1), o valor de resistência à flexão não deve ser menor que 65 MPa e, para as resinas autopolimerizáveis (Tipo 2), este valor não deve ser inferior a 60 MPa quando testados em água a $37^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$.

Em 1998, Vallittu et al.⁷⁴ avaliaram o efeito da temperatura e do tempo de polimerização sobre o conteúdo de monômero residual de duas resinas termopolimerizáveis e duas resinas autopolimerizáveis. Para as resinas termopolimerizáveis, foram utilizados os seguintes ciclos de polimerização: 1 - 70°C por 9 horas; 2 - 70°C por 90 minutos mais o ciclo adicional a 100°C , variando-se o tempo de polimerização (30, 60, 120, 180, 360, 720 ou 1440 minutos) e 3 - somente a 100°C por um período de 15, 20, 30, 40, 60, 90, 120, 180, 360, 720 ou 1.440 minutos. As resinas autopolimerizáveis foram polimerizadas sob pressão de 300 kPa e, em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos ao banho em água a temperaturas de 30° , 40° , 50° , 55° ou 60°C por 15 minutos. As análises cromatográficas demonstraram maior conteúdo de monômero residual nas resinas autopolimerizáveis em relação às resinas termopolimerizáveis. De acordo com os autores, foi observada uma redução significativa da

porcentagem de monômero residual quando as duas resinas autopolimerizáveis foram polimerizadas em temperaturas de 50° a 60°C. Segundo os autores, esses resultados estariam relacionados à baixa temperatura de transição vítrea das resinas autopolimerizáveis, o que permite uma maior mobilidade das moléculas de monômero residual nas cadeias de polímero formadas durante o processo de polimerização em temperatura igual ou acima de 50°C. Quando as resinas termicamente ativadas foram polimerizadas exclusivamente a 100°C, os níveis de monômero residual foram reduzidos com o aumento do tempo de polimerização. Além disso, diferentes níveis de monômero residual foram observados entre os materiais. Foi observado ainda que uma das resinas apresentava em sua composição uma amina aromática terciária como parte do sistema de ativação produzindo uma reação de polimerização mais rápida e, conseqüentemente, uma maior elevação da temperatura, resultando em corpos-de-prova com níveis mais baixos de monômero.

Takahashi et al.⁶⁸, em 1998, avaliaram o efeito da sorção de água sobre a resistência à flexão de uma resina para base de prótese termopolimerizável (Acron), reembasadas com quatro diferentes materiais reembasadores: duas resinas fotopolimerizáveis (Triad e Rebaron LC) e duas resinas autopolimerizáveis (Tokuso Rebase e Rebaron). A resina termopolimerizável Acron foi polimerizada a 70°C por 90 minutos e 100°C por

30 minutos e os materiais reembasadores foram polimerizados de acordo com as instruções do fabricante. Para a análise da sorção de água, os corpos-de-prova (65 mm x 10 mm x 2,5 mm) foram confeccionados e imersos em água, utilizando-se uma das seguintes condições: após 24 horas de imersão em água destilada, os corpos-de-prova eram reembasados e submetidos ao teste de resistência à flexão 24 horas após o reembasamento; após 30 dias de imersão em água destilada, os corpos-de-prova foram reembasados e testados 24 horas após o reembasamento e, para o último grupo, os corpos-de-prova foram reembasados 30 dias após imersão em água destilada, porém testados 30 dias após a realização do reembasamento. Além disso, foram confeccionados corpos-de-prova contendo diferentes espessuras do material reembasador. As variações de espessuras utilizadas neste estudo foram: 0,5:2 mm e 1,5:1 mm de material reembasador e material para base de prótese, respectivamente. Corpos-de-prova de cada material reembasador e do material para base de prova foram confeccionados sem a realização do reembasamento para que pudessem ser utilizados como parâmetro para comparação. Esses corpos-de-prova foram testados após imersão em água destilada por 24 horas e após 30 dias de armazenamento. Em seguida, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à flexão em três pontos, utilizando-se uma velocidade de 2 mm/min. Segundo os autores, a resistência mecânica da resina acrílica após a sorção de água depende da resistência inerente de cada material e

da quantidade de água absorvida. Os resultados demonstraram uma diminuição na resistência à flexão para os corpos-de-prova não reembasados confeccionados com as resinas termopolimerizável Acron e fotopolimerizável Triad quando o tempo de imersão em água aumentou de 24 horas (60,1 MPa e 58,3 MPa) para 30 dias (33,9 MPa e 38,0 MPa), respectivamente. O mesmo efeito não foi observado nas outras três resinas para reembasamento (Rebaron, LC, Tokuso Rebase e Rebaron). Segundo os autores, esses materiais reembasadores não devem ser afetados pelo tempo de armazenamento em água. No entanto, apesar da diminuição da resistência à flexão do material para base de prótese Acron e da resina para fotopolimerizável Triad após 30 dias de armazenamento em água, estas resinas ainda apresentaram resultados superiores quando comparadas às resinas para reembasamento. De acordo com os autores, a diferença na composição química dos materiais reembasadores resulta em uma resistência à flexão variada devido ao comportamento inerente de cada material quando imerso em água. A menor resistência à flexão do material para base de prótese após a imersão em água é explicada pelo efeito plastificante devido a grande absorção de moléculas de água. O material reembasador Tokuso Rebase exibiu uma menor sorção de água em relação ao material para base de prótese possivelmente pela presença do agente de ligação cruzada 1,6-hexanediol dimetacrilato. Além disso, normalmente foi observada uma diminuição da resistência à flexão dos corpos-de-prova

reembasados após imersão em água. Este efeito foi mais marcante com o aumento da espessura do material reembasador.

Segundo Anusavice ⁴, em 1998, um importante aspecto a ser considerado em uma prótese é a sua capacidade em resistir às forças aplicadas, sem que haja fratura ou deformação permanente. Portanto, o ensaio mecânico de resistência à flexão seria um teste bastante apropriado, pois esse representa a mensuração coletiva das tensões de tração, compressão e cisalhamento. Assim, é importante que o profissional tenha conhecimento dos fatores que influenciam nas propriedades mecânicas dos polímeros, tais como: o conteúdo de monômero residual, o sistema de polimerização, a presença de impurezas e a sua composição química. Segundo o autor, as resinas autopolimerizáveis apresentam um maior conteúdo de monômero residual quando comparado às resinas termopolimerizáveis. Esse maior conteúdo de monômero age como um irritante tecidual e atua como um plastificador, reduzindo a resistência transversa das resinas autopolimerizáveis. Outro fator relevante é a presença de impurezas no monômero, que influenciam negativamente no grau de polimerização das resinas. Essas impurezas, exemplo oxigênio, podem reagir com os radicais livres do monômero, inibindo ou retardando a reação de polimerização. O último fator a ser considerado é a diferença de composição química apresentada entre as resinas acrílicas. A utilização do

agente de ligação cruzada tem sido uma alternativa para o favorecimento nas propriedades mecânicas das resinas. O efeito do agente de ligação cruzada sobre as propriedades mecânicas varia de acordo com o tipo e a sua concentração. A presença de ligação cruzada proporciona um número suficiente de ligações entre as macromoléculas lineares formando uma rede tridimensional, que altera a resistência, a solubilidade e a sorção de água da resina.

Em 1998, Chai et al.¹⁷ estudaram a resistência flexural de corpos-de-prova intactos confeccionados com diferentes tipos de resina para base de prótese, utilizando-se os seguintes métodos de polimerização: em banho de água a 70°C por 90 minutos e a 100°C por 30 minutos (resina Acron); em microondas a 500 W por 3 min (resina Acron MC); sob pressão de 4 kg/cm² a 50°C por 20 minutos (resina Palapress) e fotopolimerizado por 10 minutos (resina Triad). Estes corpos-de-prova (65 mm x 10 mm x 2,5 mm) foram testados após 31 dias de armazenamento em água a 37°C. Foram confeccionados, ainda, dez corpos-de-prova (65 mm x 10 mm x 1,5 mm) de cada material e esses foram reembasados com a resina fotopolimerizável para reembasamento (Triad) 30 dias após armazenamento em água. Para isso, inicialmente, um agente de união foi aplicado na superfície superior de cada amostra e fotopolimerizado por 2 minutos. Após este período, a resina era adaptada sob pressão dentro do molde e novamente fotopolimerizada

por 10 minutos através de uma placa de vidro, obtendo-se, assim, 1 mm de espessura do material reembasador. Dessa forma, as amostras confeccionadas igualaram as mesmas dimensões que o grupo anterior. Estas amostras foram testadas 24 horas após o reembasamento. Todos os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à flexão em três pontos, empregando-se uma velocidade constante de 2 mm/min. O estudo demonstrou que o reembasamento com a resina fotopolimerizável Triad manteve a resistência à flexão de 2 materiais (Acron MC e Palapress) para base de prótese e aumentou a resistência de outros 2 materiais (Triad e Acron). Segundo os autores, a capacidade do material reembasador em resistir às forças e de reforçar a base da prótese depende de sua propriedade adesiva. Quando há uma união deficiente entre a base de prótese e o material reembasador, uma falha adesiva pode ocorrer nesta interface, mesmo mediante a um estresse relativamente baixo. A melhora na propriedade de união entre a base de prótese e o material de reembasamento garante um aumento de resistência, de modo que os materiais possam suportar melhor o estresse aplicado. As amostras reembasadas com as resinas Acron e Triad apresentaram falhas principalmente do tipo coesivas e as resinas Acron MC e Palapress apresentaram falhas do tipo adesivas, sugerindo que uma melhor união contribui para a alta resistência flexural do material reembasado. No entanto, não se pode considerar o resultado obtido para a resina Triad como

parâmetro para todos os materiais reembasadores fotopolimerizáveis ou autopolimerizáveis, devido à ampla variação na resistência de união dos materiais reembasadores.

Mello ⁵¹, em 1999, investigaram o efeito da energia das microondas e da água aquecida sobre a dureza, a resistência à flexão e o conteúdo de monômero residual de uma resina autopolimerizável. Para isso, os corpos-de-prova foram confeccionados e submetidos a uma das seguintes condições: 1) polimento mecânico; 2) polimento químico; 3) polimento químico seguido de um ciclo complementar de polimerização em microondas a 450 W por 3 minutos e 4) polimento químico seguido do ciclo complementar em banho de água a 65°C por 1 hora. A quantidade de monômero residual liberado em água pelos corpos-de-prova foi determinada a cada 24 horas por meio de um espectrofotômetro. Foi constatada uma maior liberação de monômero residual no primeiro dia de armazenamento em água. Os corpos-de-prova submetidos ao tratamento complementar em microondas ou em água aquecida apresentaram uma diminuição significativa no nível de monômero residual, após 24 horas de armazenamento em água, quando comparados ao grupo polido apenas quimicamente. Os resultados dos testes de resistência à flexão demonstraram que, para os grupos polidos quimicamente, os valores de resistência à flexão foram estatisticamente iguais entre si e diferentes do grupo polido mecanicamente, que apresentou

a maior resistência flexural entre os grupos testados. Em complemento, a dureza Knoop foi mensurada em três diferentes profundidades (100 μm , 700 μm e 1500 μm). Para os valores de dureza, pode-se concluir que: 1) a camada mais superficial (100 μm) produziu menores valores de dureza em relação as camadas mais profundas. Visto que a dureza Knoop está diretamente relacionada ao grau de polimerização do material, este resultado demonstra uma polimerização mais efetiva no interior dos corpos-de-prova em relação a sua camada mais superficial; 2) após o tratamento térmico em água aquecida, as camadas mais internas (700 μm e 1500 μm) apresentaram valores de dureza significativamente maiores do que os outros grupos. O autor supõe que a diferença de resultado observada entre os grupos tratados termicamente é devido ao aquecimento interno promovido pela maior concentração de calor em corpos-de-prova tratados em água aquecida do que em microondas aumentando, dessa forma, a difusão do monômero das camadas mais internas.

Netto et al.⁵⁴, em 1999, avaliaram o efeito de diferentes ciclos de polimerização e tratamentos térmicos sobre a resistência transversa de três resinas para base de prótese. Para este estudo, foram utilizados corpos-de-prova confeccionados com uma resina quimicamente ativada (Jet Clássico), uma resina termicamente ativada (Clássico) e uma resina acrílica

com ciclo curto de ativação térmica (QC-20). A polimerização da resina quimicamente ativada foi realizada tanto por meio de ativação química, como pela associação desse método com a ativação térmica (1 h 30 min a 70°C, seguida de 1 hora a 100°C). Para a resina ativada termicamente, foram utilizados os seguintes métodos de polimerização: convencional (1 h 30 min a 70°C e 1 hora a 100°C), por microondas (3 minutos a 665 W) e por luz de lâmpada halógena (5 minutos a 75 W). A resina QC-20 foi submetida a um ciclo rápido de polimerização (temperatura elevada a 100°C, remoção da fonte de energia por 20 minutos e elevação da temperatura a 100°C por 20 minutos). As amostras foram armazenadas em água a 37°C por 50 horas e imediatamente submetidas ao teste de resistência à flexão em uma máquina de ensaios mecânicos, calibrada a uma velocidade de 5 mm/min. Os resultados demonstraram que a resistência transversa da resina acrílica quimicamente ativada e da resina termicamente ativada (Clássico) não foi influenciada pelo método de polimerização. A resina ativada quimicamente e submetida a uma polimerização térmica adicional produziu valores de resistência transversa estatisticamente semelhantes às resinas ativadas apenas quimicamente. A resina de ciclo rápido produziu uma resistência à flexão mais baixa em relação aos outros métodos, que não apresentaram diferença significativa entre si.

Tendo em vista os inúmeros métodos de processamento utilizados para a obtenção de bases de próteses e a pequena quantidade de informação a respeito do efeito da quantidade e do tipo de copolímeros, bem como a presença de agentes de ligações cruzadas sobre as propriedades mecânicas das resinas acrílicas, Blagojevic & Murphy ¹⁴, em 1999, avaliaram as propriedades físicas e mecânicas de diferentes tipos de resinas acrílicas: uma resina acrílica sem agente de ligação cruzada (TS1195), uma resina específica para microondas com agente de ligação cruzada (Acron MC), uma resina convencional com agente de ligação cruzada (Biocryl NR) e uma resina autopolimerizável (Croform). As resinas TS1195, Acron MC e Biocryl NR foram submetidas a dois métodos de polimerização: em microondas (600W por 3 min) e em banho de água (14 horas a 70°C e 3 horas em água em ebulição). No entanto, a resina autopolimerizável Croform foi avaliada nas seguintes condições: ativação química associada ou não a complementação térmica por microondas a 600 W por 3 minutos. Com exceção dos corpos-de-prova submetidos análise do conteúdo de monômero residual, todas as muflas foram resfriadas sobre bancada por 30 minutos e os corpos-de-prova saturados em água a 37°C por 28 dias. Neste estudo, não foi possível caracterizar o produto polimerizado das resinas Biocryl NR, Acron MC e Croform devido à presença de agentes de ligações cruzadas que não permitiram a dissolução do material. Entretanto, o método de polimerização em microondas aumentou a resistência ao impacto para a resina Acron MC e

diminuiu a dureza das resinas TS1195 e Acron MC. O processamento em banho de água aumentou a temperatura de transição vítrea e reduziu o conteúdo de monômero residual de todas as resinas testadas nestas condições. O aumento no módulo de elasticidade foi observado apenas nas resinas TS1195 e Acron MC. O tratamento térmico complementar em microondas aumentou a resistência ao impacto, a temperatura de transição vítrea e reduziu o conteúdo de monômero residual da resina Croform em aproximadamente quatro vezes. No entanto, foi observada uma diminuição no módulo de elasticidade deste material após irradiação por microondas. As propriedades mecânicas do material Biocryl NR, polimerizado por ambos os métodos, foram similares às daquelas das outras resinas, apesar da ausência do agente de ligação cruzada, indicando que somente a presença do agente de ligação cruzada não promove aumento das propriedades mecânicas.

O efeito de diferentes períodos de imersão em água sobre a resistência à flexão de quatro resinas de base de próteses (Acron, Acron MC, Palapress e Triad) e quatro materiais reembasadores diretos (Triad, Rebaron LC, Tokuso Rebase e Rebaron) foi investigado por Takahashi et al.⁶⁹, em 1999. Para cada material, 50 corpos-de-prova eram obtidos por meio de moldes de gesso (65 mm x 10 mm x 2,5 mm), seguindo-se as instruções dos respectivos fabricantes. A resistência à flexão de 10 corpos-de-prova de cada material foi avaliada após 1 dia e 1, 2, 3 e 4 meses de armazenamento.

Foi observado que, em seis dos oito materiais avaliados, a estabilização da resistência flexural foi ocorreu durante os primeiros 4 meses de armazenamento. As resinas Acron e Rebaron LC demonstraram estabilização entre 4 e 5 meses de armazenamento. A resistência da resina polimerizada por microondas Acron MC não demonstrou diferença ao longo dos períodos experimentais. Durante o primeiro mês de armazenamento, um aumento significativo na resistência flexural dos materiais reembasadores foi observado. Segundo os autores, esses resultados estariam relacionados, parcialmente, à concentração relativa de moléculas de água, aos plastificantes e ao monômero residual que poderiam atuar sobre a resistência flexural dos materiais, após terem sido imersos em água. Possivelmente, as moléculas residuais do processo de polimerização apresentam maior efeito plastificante do que a água e a sua eliminação por difusão poderia ter favorecido o aumento na resistência dos materiais. Da mesma forma, o autor sugere que um processo de polimerização continuada poderia ter contribuído para os resultados observados.

A cromatografia líquida de alta eficiência foi utilizada por Shim & Watts ⁶⁴, em 1999, para análise da concentração do monômero residual em resinas acrílicas para bases de próteses, após terem sido submetidas a ciclos adicionais de polimerização propostos para os condicionadores de tecido. Para o estudo, foram utilizados um ciclo curto

(73°C por 90 minutos e elevado a 100°C por 30 minutos) e um ciclo longo (73°C por 9 horas) de polimerização em corpos-de-prova de resinas para bases de próteses (Lucitone 199 e Trevalon), tendo esses corpos-de-prova sido considerados como o controle. Para a simulação do efeito do ciclo de polimerização empregado no reembasamento de bases de próteses, os corpos-de-prova foram submetidos a um dos ciclos de polimerização sugeridos anteriormente, armazenados e, após 24 horas, expostos à temperatura de 100°C por 2 horas, como sugerido pelo fabricante do condicionador de tecido Molloplast B. Os resultados demonstraram uma redução significativa na concentração de monômero residual nas duas resinas após terem sido submetidas a temperatura de 100°C por 2 horas. A mais alta concentração de monômero residual foi obtida quando utilizado o ciclo longo sem a aplicação de um segundo ciclo de polimerização.

Kedjarune et al.³⁷, em 1999, avaliaram a liberação de monômero metil metacrilato em resinas acrílicas autopolimerizáveis (Takilon, Tokuso Meliodent) e termopolimerizáveis (Rodex, Trevalon e Meliodent). A resina autopolimerizável Meliodent apresentou a maior concentração de monômero residual (4,32%) que, segundo os autores, deve ser associado a maior quantidade de líquido utilizada em sua proporção. Por outro lado, a resina Tokuso, também autopolimerizável, apresentou uma das menores concentrações de monômero residual (1,88%), tendo sido semelhante

àquelas observadas por duas resinas termopolimerizáveis (1,16% e 1,93%). Além disso, foi observado que uma das três resinas termopolimerizáveis utilizadas nesse estudo produziu maior concentração de monômero residual (3,51%) do que as demais. Esse fato estaria relacionado ao menor tempo de polimerização (20 minutos) recomendado pelo fabricante para esse material. Foi evidenciado ainda que, a liberação de monômero residual desta resina durante as primeiras 24 horas foi significativamente maior do que a dos outros materiais avaliados.

Em 2000, Bartoloni et al.¹² avaliaram o grau de conversão de resinas para base de prótese (Lucitone 199, Acron MC e Accelar) utilizando-se diferentes métodos de polimerização. A resina Lucitone 199 foi polimerizada em banho de água a 74°C por 9 horas e, para a resina Accelar 20, foi utilizado o ciclo rápido a 100°C por 20 minutos. A resina especial para microondas Acron MC foi polimerizada a 500 W por 3 minutos. Os resultados evidenciaram que as três resinas apresentaram graus de conversão similares.

A resistência à flexão de corpos-de-prova confeccionados com quatro materiais para base de prótese e reembasados com quatro diferentes resinas indicadas para reembasamento imediato foi avaliada por Takahashi et al.⁷⁰, em 2000. Para isso, foram confeccionados corpos-de-

prova com 1,5 de espessura utilizando-se uma das resinas para base de prótese. Após 40 dias de armazenamento, cada corpo-de-prova foi posicionado em um molde de gesso (65 mm x 10 mm x 2,5 mm) e reembasado com uma das resinas para reembasamento. Os resultados evidenciaram que a resistência final dos corpos-de-prova reembasados está diretamente relacionada com a resistência das resinas para base de prótese, das resinas para reembasamento e da união entre esses materiais. Dessa forma, foi verificado que, apesar da resina para base de prótese Triad apresentar uma resistência à flexão de no mínimo 20% maior que as demais, após o reembasamento, os valores produzidos pela resina foram menores que aqueles produzidos por duas das quatro resinas avaliadas, também após terem sido reembasadas. Segundo os autores, a resina Triad se caracteriza por apresentar um alto nível de ligações cruzadas que diminuem a capacidade de penetração de monômeros, restringindo a extensão da interpenetração dos polímeros a serem unidos. Apesar disso, os autores consideram que as diferenças foram relativamente baixas e de pouco significado prático. O material Tokuso Rebase produziu a menor resistência à flexão, tendo sido este resultado atribuído à presença do monômero β -metacrilóiloxietil propionato no líquido do material, produzindo cadeias de polímeros mais flexíveis.

Em 2000, Archadian et al.⁷ avaliaram o efeito da ciclagem térmica sobre a resistência à flexão de três resinas para bases de prótese (Acron, Acron MC e Ivocap) e três resinas autopolimerizáveis (Rebaron, Tokuso Rebase e Lite Rebase). Inicialmente, foram confeccionados corpos-de-prova de 1,5 mm de espessura utilizando-se um dos materiais para base de prótese e, em seguida, as amostras eram reembasadas com uma das resinas autopolimerizáveis. Como parâmetro para comparação, foram confeccionados, ainda, corpos-de-prova intactos de cada material testado e esses foram submetidos às mesmas condições que os corpos-de-prova reembasados. Após armazenamento em água destilada a 37°C por 50 h \pm 2 horas, metade dos corpos-de-prova (65 mm x 10 mm x 2,5 mm) foram submetidos ao ensaio mecânico de resistência à flexão em três pontos em uma máquina de ensaio mecânico universal, utilizando-se uma velocidade 0,5 cm/s. Os corpos-de-prova remanescentes de cada grupo foram submetidos à ciclagem térmica por 20000 ciclos a temperaturas entre 4° e 60°C e, a seguir, os testes eram realizados. Os resultados demonstraram que os corpos-de-prova reembasados produziram valores de resistência à flexão maiores do que aqueles obtidos somente com os materiais reembasadores. Porém, a sua resistência à flexão ainda foi inferior em comparação com os materiais para base de prótese. Apesar disso, a união dos materiais foi considerada clinicamente aceitável. De maneira geral, a termociclagem produziu uma redução da resistência à flexão dos materiais

avaliados. Entretanto, este efeito não foi verificado nos corpos-de-prova reembasados. Apesar dos resultados favoráveis, os autores advertem que o reembasamento de próteses com materiais autopolimerizáveis proporcionaria condições inferiores em relação às aquelas obtidas com a colocação de uma prótese nova.

Segundo Elias & Lopes ²⁵, em 2001, o ensaio mecânico de dureza Vickers apresenta algumas vantagens, como a grande precisão de medida; o método simples; a capacidade de mensurar dureza superficial e não apresenta deformação do penetrador (diamante). Além disso, o penetrador produz uma pequena impressão que não inutiliza a peça.

Uma união adequada entre o material para base de prótese e o material reembasador é de fundamental importância para o bom desempenho mecânico do material reembasado. Leles et al. ⁴², em 2001, observaram uma resistência de união deficiente entre a resina Kooliner e os materiais para base de prótese. Os corpos-de-prova submetidos ao teste de resistência à flexão apresentaram uma grande porcentagem de falha do tipo adesiva. Segundo os autores, este resultado poderia ser atribuído à diferença de composição química entre a resina para reembasamento Kooliner (polietil metacrilato/isobutil metacrilato) e a resina termopolimerizável Lucitone 550 (polimetil metacrilato/ metil metacrilato).

A presença de oxigênio em grande quantidade pode inibir ou retardar a polimerização do material proporcionando, dessa forma, a formação de uma camada superficial não polimerizada que pode influenciar negativamente nas propriedades da resina acrílica. Em 2001, Yatabe et al.⁸⁰ avaliaram o efeito do agente redutor sobre a camada superficial de uma resina para reembasamento imediato contendo o agente de ligação cruzada 1,6 hexanediol dimetacrilato. As amostras foram polimerizadas nas seguintes condições: sem contato com o ar (grupo controle), polimerizado a temperatura ambiente a 37°C por 10 minutos e, para os outros grupos, as amostras foram polimerizadas a temperatura ambiente a 37°C por 10 minutos e imersas em uma solução contendo o agente redutor sulfito de sódio a 1% por 1, 5 ou 15 minutos. Além disso, foram confeccionados corpos-de-prova de dimensões 65 mm x 10 mm x 2,5 mm e submetidos ao teste de resistência à flexão após imersão em água por 24 horas. Os autores observaram um aumento na resistência mecânica e uma redução na camada não polimerizada após a aplicação do agente redutor. A média dos valores de resistência à flexão das amostras imersas na solução contendo o agente redutor por 15 minutos foi significativamente maior que as amostras imersas a 1 ou 5 minutos. Segundo os autores, este resultado estaria relacionado ao grau de polimerização do material que aumenta com o tempo de aplicação do agente redutor. Contudo, o fator tempo de aplicação do agente redutor

não influenciou o módulo de elasticidade do material. Foi verificado, ainda, que as amostras polimerizadas sem contato com o ar produziram valores de resistência à flexão ($52,9 \pm 2,4$ MPa) e módulo de elasticidade ($1,3 \pm 0,1$ GPa) significativamente maiores que as amostras polimerizadas à temperatura ambiente sem a aplicação do agente redutor ($39,4 \pm 2,9$ MPa e $0,8 \pm 0,1$ GPa, respectivamente). Dessa forma, os autores concluem que a camada superficial não polimerizada influencia negativamente a propriedade mecânica de resistência à flexão desta resina.

Em 2002, Lee et al.⁴¹ verificaram o efeito de diferentes condições de polimerização sobre a dureza e a liberação de monômero residual de uma resina autopolimerizável. A resina termopolimerizável foi incluída no estudo como parâmetro para comparação (controle positivo). A leitura de dureza foi realizada 1 hora após a obtenção dos corpos-de-prova e a análise da liberação de monômero residual foi efetuada após imersão em água dos corpos-de-prova por 7 dias. Os resultados demonstraram que a resina autopolimerizável apresentou valores de dureza significativamente menores do que a resina termopolimerizável, bem como uma maior liberação de monômero residual. Quando a polimerização do material foi realizada com os corpos-de-prova imersos em água aquecida a 50°C por 15 minutos, houve uma redução significativa do conteúdo de monômero residual e um aumento

na dureza em relação aos corpos-de-prova polymerizados à temperatura ambiente. Foi observado ainda que, a elevação da temperatura promove o aumento da mobilidade das moléculas de monômero e radicais livres, proporcionando maior grau de conversão do monômero em polímero. Entretanto, o mesmo efeito não foi observado quando o material foi polymerizado nesta temperatura, porém em contato direto com o ar. Segundo os autores, o oxigênio presente no ar compete com as moléculas de monômero, reagindo com os radicais livres e, portanto, inibindo a reação de polymerização. Assim, a imersão em água proporciona condições mais favoráveis para a reação de polymerização na medida que a quantidade de oxigênio presente é reduzida. Além disso, os autores comentam que, durante o período relativamente curto de polymerização (15 minutos), o ar aquecido proporcionou um menor aquecimento dos corpos-de-prova em relação à água, que estaria atuando como condutor térmico.

Segundo Craig et al.¹⁹, em 2002, as resinas autopolimerizáveis possuem um maior conteúdo de monômero residual em relação às resinas termopolimerizáveis. Este monômero residual age como um plastificador, diminuindo as propriedades mecânicas do material. Dessa forma, uma modificação na composição química desses materiais tem sido realizada com o objetivo de melhorar suas propriedades mecânicas. Esta modificação é obtida pela adição de um novo monômero na composição

química das resinas acrílicas à base de metil metacrilato resultando em polímeros denominados copolímeros.

3- Proposição

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de dois tratamentos térmicos sobre as propriedades mecânicas de resistência à flexão e dureza de uma resina termopolimerizável e quatro materiais reembasadores imediatos.

4- Material e método

4.1 Materiais

4.1.1- Resina acrílica para base de prótese termopolimerizável *Lucitone 550*, fabricada por Dentsply Industria e Comércio Ltda., Petrópolis, RJ, Brasil (lote nº 65173 pó/64979 líquido);

4.1.2- Resina acrílica autopolimerizável para reembasamento *Kooliner*, fabricada por GC America Inc., Alsip, IL, EUA. (lote nº 080700A pó/062900A líquido);

4.1.3- Resina acrílica autopolimerizável para reembasamento *Duraliner II*, fabricada por Reliance Dental Mfg.Co., Place Worth, IL, EUA (lote nº 031501 pó/012201 líquido);

4.1.4- Resina acrílica autopolimerizável para reembasamento *Ufi Gel Hard C*, fabricada por Voco, Cuxhaven, Alemanha (lote nº 12005);

4.1.5- Resina acrílica autopolimerizável para reembasamento *Tokuso Rebase Fast*, fabricada por Tokuyama Dental Corp., Tóquio, Japão (lote nº 437 pó/094 líquido);

4.1.6- Silicona de condensação, marca *Optosil*, massa densa, fabricada por Heraeus Kulzer Inc., South Bend, EUA;

4.1.7- Gesso Tipo III, marca *Herodent*, fabricado por Vigodent S.A. Ind. Comércio, Bonsucesso, RJ, Brasil;

4.1.8- Gesso Tipo IV, marca *Vel-mix*, fabricado por SDS Kerr, CA, EUA;

4.1.9- Lixa d'água, marca *Norton*, granulação nº 400;

4.1.10- Isolante para resina acrílica, marca *Cel-Lac*, fabricado por SSWhite, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

4.1.11- Cola em bastão, fabricada por Faber Castell, São Carlos, SP, Brasil;

4.1.12- Folha de transparência, fabricada por Sercopel, São Paulo, SP, Brasil;

4.1.13- Vaselina sólida, fabricada por Chemco Ind. E Comércio Ltda, Campinas, São Paulo;

4.1.14- Papel absorvente, marca *Kíss*, fabricado por Santher, Bragança Paulista, SP, Brasil;

4.1.15- Papel celofane;

4.1.16- Água destilada;

4.1.17- Copos descartáveis.

4.2- Instrumentos

4.2.1- Matriz metálica vazada de aço inoxidável, com dimensões de 64 x 10 x 3,3 mm;

4.2.2- Estilete, fabricado por Faber Castell, São Carlos, SP, Brasil;

4.2.3- Mufla nº 6, fabricada por Bethil Ind. e Co Ltda, Marília, SP, Brasil;

4.2.4- Lâmina para microscopia, fabricada por Perfecta Ind. e Com. Ltda, São Paulo, SP, Brasil;

4.2.5- Caneta de retroprojeto, fabricada por Faber Castell, São Carlos, SP, Brasil;

4.2.6- Pote de vidro com tampa para resina acrílica, fabricado por Jon, São Paulo, SP, Brasil;

4.2.7-. Paquímetro digital, modelo 500-144B, fabricado por Mitutoyo Sul América Ltda, Suzano, SP, Brasil;

4.2.8- Pipetador, fabricado por Boeco, Hamburg, Alemanha;

4.2.9- Pipeta graduada 1/100, fabricada por Satelit, Araraquara, SP, Brasil;

4.2.10- Espátula de aço nº 36, marca *Duflex*, fabricada por SSWhite, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;

4.2.11- Régua milimetrada, fabricada por Faber Castell, São Carlos, SP, Brasil;

4.2.12- Pincel 175, fabricado por Tigre, Brasil.

4.2.13- Prensa manual; fabrica por OGP Produtos Odontológicos Ltda, São Paulo, SP, Brasil;

4.2.14- Placa de vidro para espatulação;

4.2.15- Gral e espátula para gesso;

4.2.16- Seringa hipodérmica;

4.2.18- Frascos de vidro âmbar;

4.2.19- Termômetro.

4.3- Aparelhos

4.3.1- Balança de precisão modelo BG400, fabricada por *Genaha*, São Paulo, SP, Brasil;

4.3.2- Estufa de cultura modelo 002CB, fabricada por *Fanem Ltda*, São Paulo, SP, Brasil;

4.3.3- Prensa hidráulica, fabricada por *Delta Máquinas Especiais*, Vinhedo, SP, Brasil;

4.3.4- Termopolimerizadora modelo P100, fabricado por *Termotron Equipamentos Ltda*, São Bernardo do Campo, SP, Brasil;

4.3.5- Forno de microondas modelo BMC38ABHNA, fabricado por *Brastemp*, Manaus, Brasil;

4.3.7- Microdurômetro modelo 2100, fabricado por *Buehler*, Lake Bluff, IL, EUA;

4.3.8- Politriz, modelo *Metaserv 2000*, fabricado por *Buehler UK Ltd.*, Coventry, Inglaterra.

4.3.9- Plastificador de godiva, *Righeto & Cia*, Campinas, SP, Brasil;

4.3.10- Vibrador de gesso;

4.3.11- Máquina de ensaios mecânicos MTS 810,
fabricado por Material Test System, Eden Prairie, MN, EUA.

Identificação: *Máquina de Ensaio Universal MTS*

Modelo: *810 Material Test System*

Programa: *Test Work 4*

Programa de controle: *Test Star II*

4.4- Método

4.4.1- Obtenção dos corpos-de-prova dos materiais reembasadores

Trinta corpos-de-prova de cada material reembasador foram confeccionados utilizando-se uma matriz metálica vazada (Figura 1) com as seguintes dimensões internas: 64 mm de comprimento, 10 mm de largura e 3,3 mm de altura ³³.



FIGURA 1 – Matriz metálica vazada

Para a confecção dos corpos-de-prova das resinas para reembasamento Kooliner (K), Duraliner II (D), Ufi Gel Hard C (UGH) e Tokuso Rebase Fast (TR), os materiais foram proporcionados e manipulados de acordo com as recomendações dos fabricantes (Quadro 1).

Quadro 1 – Composição química, proporção e tempo de polimerização

dos materiais reembasadores utilizados.

Material	Composição química	Proporção pó/líquido	Tempo de polimerização
K	Polietil metacrilato (pó)	2,1 g/1,5 mL	10 minutos a 37°C
	Isobutil metacrilato (líquido)		
D	Polietil metacrilato (pó)	2 g/2 mL	12 minutos a 37°C
	n-butil metacrilato		
UGH	Polietil metacrilato	Dispensador automático	7 minutos a 37°C
	1,6-hexanediol dimetacrilato (líquido)		
	2-hidroxietil metacrilato (líquido)		
TR	Polietil metacrilato (pó)	2,056 g/1 mL	5,5 minutos a 37°C
	1,6-hexanediol dimetacrilato (líquido)		
	β -metacrililoiloxietil propionato (líquido)		

Para o proporcionamento das resinas K, D e TR, um recipiente plástico foi posicionado no centro de uma balança eletrônica com 0,001 g de precisão e, a seguir, a balança era zerada para que, armazenado no interior do recipiente, o pó pudesse ser pesado corretamente. O líquido foi proporcionado por meio de uma pipeta graduada (1/100 mL) acoplada a um pipetador. Porém, a resina UGH foi proporcionada e inserida no interior da matriz com o auxílio de um dispensador automático fornecido pelo fabricante.

Em seguida, as paredes internas da matriz metálica vazada foram, então, isoladas com vaselina sólida, e a resina autopolimerizável foi manipulada em um pote de vidro com o auxílio de uma espátula de aço nº 36. Posteriormente, o material reembasador foi acomodado na cavidade interna da matriz previamente posicionada sobre o conjunto placa de vidro/lâmina de acetato (Figura 2).

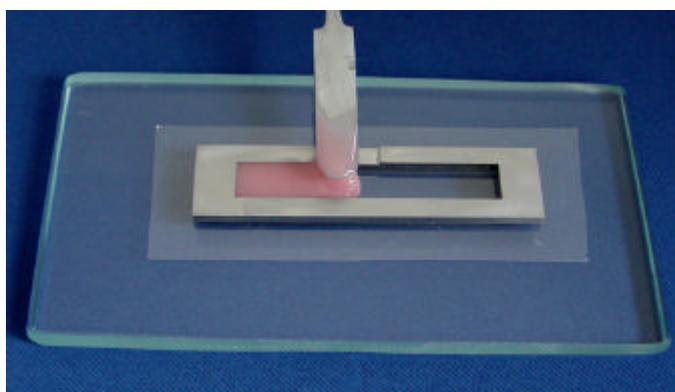


FIGURA 2 – Inserção do material reembasador na cavidade da matriz metálica

Em seguida, uma outra lâmina de acetato e uma nova placa de vidro foram posicionadas sobre a matriz metálica para que o material pudesse ser prensado entre as placas de vidro, utilizando-se uma prensa hidráulica a uma carga constante de 0,25 tonelada. A polimerização dessas resinas foi realizada à temperatura ambiente, de acordo com os tempos de polimerização recomendados pelos fabricantes (Quadro 1). Todos os corpos-de-prova foram submetidos ao acabamento manual, utilizando-se uma lixa de carvão de silício de granulação nº 400

para a remoção dos excessos laterais.

Após o acabamento, esses corpos-de-prova foram mensurados por meio de um paquímetro digital para a verificação da espessura e da largura (Figura 3), aceitando-se uma variação de $\pm 0,02$ mm. As mensurações foram realizadas em três pontos: uma em cada extremidade e outra na região mediana do corpo-de-prova. A seguir, as médias aritméticas foram calculadas e tabuladas.



FIGURA 3 – Mensuração do corpo-de-prova

Trinta minutos após a obtenção dos corpos-de-prova, estes eram divididos em grupos e, a seguir, submetidos ao ensaio mecânico de resistência à flexão. Esses grupos foram designados como controle de cada material reembasador.

4.4.2- Obtenção dos corpos-de-prova do material para base de prótese Lucitone 550

Os corpos-de-prova da resina Lucitone 550 (L) foram confeccionados a partir de réplicas obtidas em silicone de condensação (Figura 4), por meio da matriz metálica descrita anteriormente.

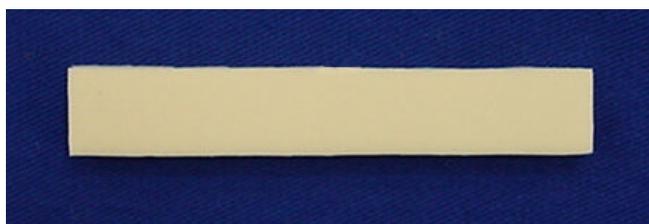


FIGURA 4 – Réplica em silicone de condensação

Inicialmente, a matriz metálica vazada foi posicionada sobre uma placa de vidro devidamente isolada com vaselina sólida. A massa densa do silicone de condensação foi, então, proporcionada e manipulada manualmente por 45 segundos, de acordo com as recomendações do fabricante e, em seguida, acomodada manualmente na cavidade interna da matriz metálica vazada. Sobre esse conjunto, uma nova placa de vidro, também isolada, foi posicionada e pressionada manualmente até o momento em que fosse observado o seu contato com a porção superior da matriz metálica. Após a polimerização do material por 5 min 25 s, o excesso do material de moldagem era recortado com um estilete e a réplica era fixada no centro de uma lâmina de vidro por meio de cola em bastão (Figura 5).



FIGURA 5 – Réplica fixada sobre a lâmina de vidro

Para a realização da inclusão de cada réplica, a parte inferior da mufla foi isolada com vaselina sólida e preenchida sob vibração com gesso Tipo IV. Esse gesso foi proporcionado (150 g de pó e 30 mL de água) e espatulado manualmente por 1 minuto, seguindo-se as recomendações do fabricante. Após a reação de presa do gesso (1 hora), toda a superfície do gesso era isolada com isolante à base de alginato e, novamente, uma outra lâmina de vidro era fixada, com cola em bastão, sobre a réplica de silicone (Figura 6).



FIGURA 6 – Réplica em silicone incluída em mufla

Nesse momento, a contra-mufla previamente isolada com vaselina sólida era acoplada a mufla e a sua cavidade interna preenchida com gesso pedra Tipo III sob vibração. Este material foi proporcionado (300 g de pó e 90 mL de água) e espatulado manualmente, seguindo-se as recomendações do fabricante. A mufla foi fechada e mantida sob pressão em uma prensa hidráulica utilizando-se uma carga de 0,5 tonelada até a presa final do gesso por 1 hora.

Após a presa do gesso, a mufla era aberta, a réplica era removida (Figuras 5 e 6) e a resina para base de prótese L foi proporcionada (Quadro 2) e manipulada da maneira descrita anteriormente para os materiais reembasadores.



FIGURA 7 - Mufla



FIGURA 8- Contra-mufla

Quadro 2 – Composição química, proporção e ciclo de polimerização utilizada para o material termopolimerizável.

Material	Composição química	Proporção pó/líquido	Ciclo de polimerização
L	Polimetil metacrilato (pó) Metil metacrilato (líquido) Etilenoglicol dimetacrilato (líquido)	2,1 g/1 mL	90 minutos a 73°C e 30 minutos a 100°C

Em seguida, a resina foi acomodada no espaço criado pela réplica, tendo sido uma tira de celofane umedecida posicionada sobre a resina para que esta pudesse ser submetida a uma prensagem de prova em uma prensa hidráulica com uma carga de 0,5 tonelada. A mufla foi aberta, a tira de celofane retirada e os excessos de resina acrílica removidos com um estilete. Após este procedimento, a mufla era novamente fechada e prensada por 30 minutos, mantida a uma carga de 1,25 toneladas (Figura 9).

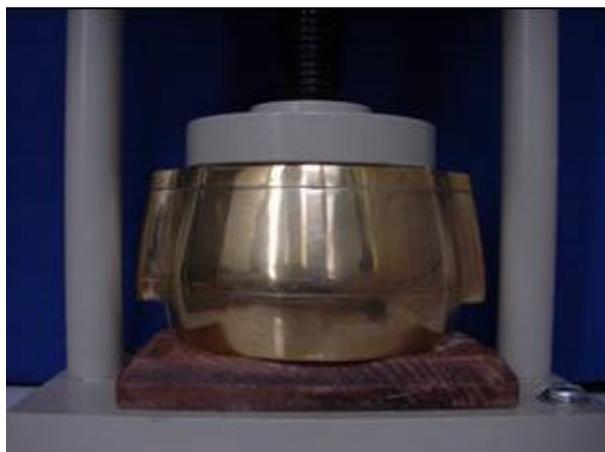


FIGURA 9 – Mufla em posição durante a prensagem

Decorrido esse período, a mufla era retirada da prensa hidráulica e posicionada em uma prensa manual, sendo submetida ao ciclo curto de polimerização proposto pelo fabricante (Quadro 2). Concluída a polimerização, a mufla era resfriada sobre a bancada por 30 minutos e imersa em água corrente por 15 minutos. Após este período, as muflas eram abertas e os corpos-de-prova demuflados, tendo sido posteriormente submetidos ao acabamento em uma politriz automática com lixa de carvão de silício de granulação nº 400, para a remoção dos excessos existentes após a demuflagem.

Após o acabamento, todos os corpos-de-prova da resina L foram mensurados com o auxílio do paquímetro digital como descrito anteriormente para os materiais reembasadores.

Para o grupo controle da resina L, os corpos-de-prova foram submetidos aos ensaios mecânicos após o período de armazenamento em água destilada por 48 horas a 37°C, seguindo-se as

especificações para resinas acrílicas ^{2,33}.

4.4.3- Tratamentos térmicos

As propriedades de resistência à flexão e de dureza foram analisadas, também, após tratamento térmico em banho de água ou microondas (Tabela 1), tendo sido os corpos-de-prova obtidos de maneira idêntica à dos grupos controle.

Tabela 1 – Tratamentos térmicos.

Material	Tratamento térmico	
	Banho de água	Microondas
L	55°C por 1 hora	550 W/3 minutos
TR	55°C por 10 minutos	550 W/4 minutos
UGH	55°C por 10 minutos	500 W/5 minutos
K	55°C por 10 minutos	550 W/5 minutos
D	55°C por 10 minutos	650 W/4 minutos

Para a resina termopolimerizável L, os corpos-de-prova foram submetidos aos tratamentos térmicos após o armazenamento em água destilada a 37°C por 48 horas. No entanto, os corpos-de-prova dos materiais reembasadores foram tratados termicamente 30 minutos após a sua obtenção.

4.4.3.1 – Tratamento térmico em banho de água

Os corpos-de-prova do grupo em banho de água de cada material reembasador e da resina para base de prótese foram imersos em água diretamente no recipiente do plastificador de godiva (Figura 10), utilizando-se o ciclo de polimerização complementar descrito na Tabela 1 72 .



FIGURA 10 – Tratamento térmico em banho de água

A temperatura da água foi controlada por meio de um termômetro, respeitando-se uma variação de $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Após o tratamento térmico, todos os corpos-de-prova foram secos com papel absorvente e imediatamente identificados para que pudessem ser submetidos ao ensaio mecânico de resistência à flexão.

4.4.3.2 – Tratamento térmico em microondas.

Os tratamentos térmicos em microondas utilizados neste trabalho foram definidos com base nos resultados obtidos em um estudo prévio que estabeleceu a melhor combinação tempo/potência para cada material testado por meio do ensaio mecânico de resistência à flexão ⁷⁶.

Esses tratamentos foram realizados em um forno de microondas, com dupla emissão de ondas, com o corpo-de-prova posicionado na região central de um suporte plástico acomodado sobre o prato giratório (Figura 11), de tal forma que, durante a irradiação, cada corpo-de-prova era mantido a uma altura de 5 cm da parede interna inferior do forno. A seguir, o corpo-de-prova era submetido ao tratamento em microondas, utilizando-se o tempo de exposição e a potência adequados para cada material (Tabela 1).



FIGURA 11 – Tratamento térmico em microonda

É importante ressaltar que o mesmo procedimento de secagem utilizado para as resinas autopolimerizáveis foi também realizado para os corpos-de-prova da resina L.

Após tratamento térmico, todos os corpos-de-prova foram identificados e submetidos ao ensaio mecânico de resistência à flexão.

4.4.4- Ensaio de resistência à flexão

A resistência à ruptura dos corpos-de-prova foi verificada por meio de testes de resistência à flexão em três pontos, à temperatura ambiente, utilizando-se a máquina de ensaios MTS-810 equipada com o programa Test Work 4 e com uma célula de carga de 1 kN, calibrada com uma velocidade constante de 5 mm/min.

Para a realização dos testes, cada corpo-de-prova foi posicionado sobre um suporte metálico contendo dois pontos de apoio, um em cada extremidade, a uma distância de 50 mm. Um terceiro ponto fixo, acoplado na parte superior da máquina, foi posicionado no centro do corpo-de-prova. Dessa forma, uma força contrária aos apoios foi aplicada gradativamente até a ruptura do corpo-de-prova (Figura 12), sendo o valor registrado em Newtons. Posteriormente, os valores de resistência à flexão foram calculados em MPa com base na fórmula:

$$s=3PI/2bd^2$$

onde s = resistência à flexão; P = carga máxima no ponto da fratura; l =

distância entre os suportes (50 mm); b = largura do corpo-de-prova e d = espessura do corpo-de-prova.

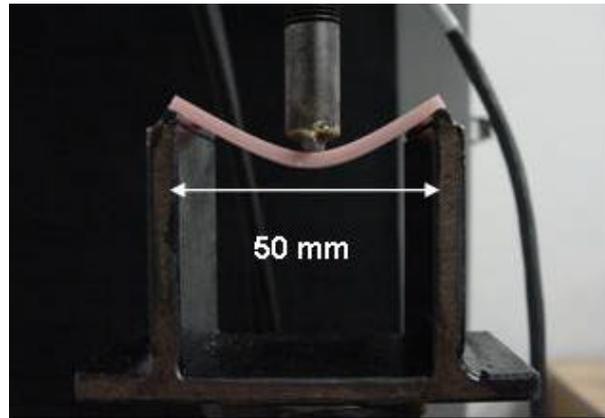


FIGURA 12 – Ensaio mecânico de resistência à flexão

4.4.5- Ensaio de dureza

Após a realização de cada teste de resistência à flexão, o maior fragmento do corpo-de-prova era selecionado para a realização do ensaio de dureza.

Com o auxílio de uma régua milimetrada, uma área de 10 mm^2 foi delimitada a uma distância de 10 mm da linha de fratura. Posteriormente, essa área foi dividida em quadrantes com caneta para retroprojeter (Figura 13).

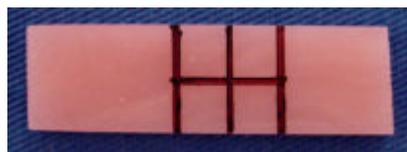


FIGURA 13 – Fragmento do corpo-de-prova

Para cada quadrante, uma região de superfície uniforme era selecionada utilizando-se a objetiva do equipamento. Para o estudo, as mensurações de dureza foram realizadas em um microdurômetro, equipado com diamante Vickers em forma de pirâmide de base quadrada, com um ângulo de 136° entre as faces opostas. O dispositivo contendo o diamante Vickers foi posicionado acima da região selecionada previamente e o aparelho foi acionado (Figura 14 A e B). Dessa forma, uma impressão era obtida por um período de 30 segundos, utilizando-se uma carga de 25 gf para as resinas K, TR, UGH e L e de 10 gf para a resina D.

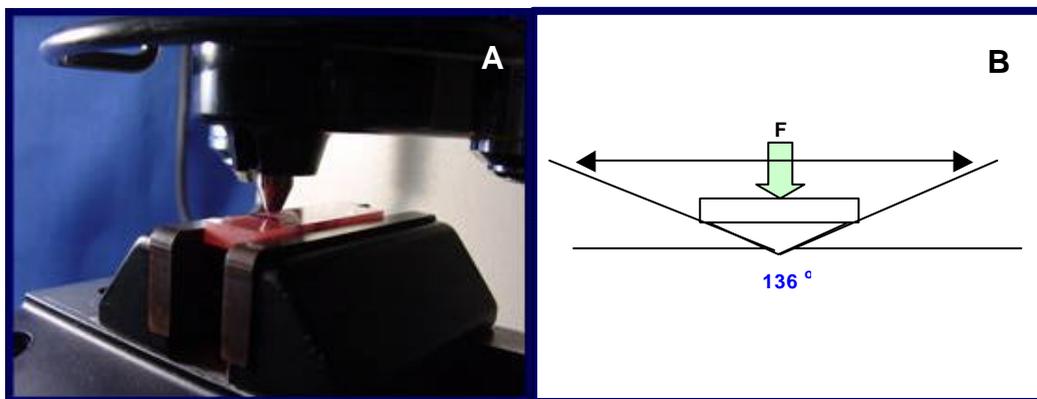


FIGURA 14 – A: penetrador posicionado sobre a superfície do material

B: desenho esquemático do diamante durante a impressão

Os valores de dureza de cada material foram obtidos pela leitura das distâncias entre as diagonais estabelecidas após a impressão do diamante sobre a superfície do material.

Três mossas, mantendo a distância de 1 mm entre si e das linhas de demarcação, foram mensuradas para cada quadrante (Figura 15), obtendo-se, assim, um total de 12 mossas para cada corpo-de-prova.

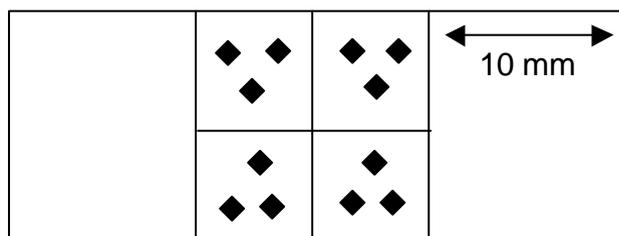


FIGURA 15 – Representação das mossas no fragmento dos corpos-de-prova

No presente estudo, foram confeccionados dez corpos-de-prova independentes para cada condição experimental.

Planejamento Experimental

O número de corpos-de-prova necessário para a realização deste estudo foi calculado com base nos resultados obtidos em estudo piloto.

Foram analisadas duas variáveis: resistência à flexão e a dureza, tendo sido estabelecido dois fatores de variação: Material, em 5 níveis (resinas TR, UGH, D, K e L), e Tratamento, em 3 níveis (microondas, banho de água e sem tratamento). Definiu-se, então, que 10 repetições de cada condição experimental seriam suficientes, utilizando-

se um volume amostral de 150 corpos-de-prova para os ensaios de resistência à flexão e dureza.

Os resultados foram tabulados e submetidos ao teste de normalidade para verificar a distribuição dos dados amostrais. Com base nos resultados observados por meio do teste de normalidade, pôde-se determinar o método estatístico mais adequado ao nível de significância de 1%, tendo sido estabelecido previamente o parâmetro para rejeição ou não das hipóteses nulas:

➤ **Ensaio mecânico de resistência à flexão**

H_0 = os diferentes tratamentos térmicos não produzem efeito sobre a resistência à flexão dos materiais testados;

H_1 = os diferentes tratamentos térmicos produzem efeito sobre a resistência à flexão dos materiais testados.

➤ **Ensaio mecânico de dureza**

H_0 = os diferentes tratamentos térmicos não produzem efeito sobre a dureza Vickers dos materiais testados;

H_1 = os diferentes tratamentos térmicos produzem efeito sobre a dureza Vickers dos materiais testados.

5- Resultado

5.1 -Resistência à flexão

Os dados originais obtidos pelo teste de resistência à flexão dos corpos-de-prova para a resina para base de prótese L e para as resinas autopolimerizáveis TR, K, D e UGH estão apresentados nas Tabelas 6, 7, 8, 9 e 10, do Apêndice A.

Inicialmente, os valores de resistência à flexão foram submetidos ao teste de aderência à curva normal, tendo sido evidenciado que os dados amostrais das condições experimentais não se ajustaram à distribuição normal de probabilidades. Dessa forma, foi utilizado o teste não-paramétrico de comparações múltiplas Kruskal-Wallis (Tabela 2).

Tabela 2 - Teste de Kruskal-Wallis para o ensaio mecânico de resistência à flexão.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado: 123,5714

Valor do χ^2 para 14 graus de liberdade: 123,57

Probabilidade de H_0 para esse valor: 0,00%

Significante ao nível de 1 % ($\alpha = 0,01$)

Assim, a hipótese nula foi rejeitada, tendo sido verificado que os fatores Tratamento Térmico e Material apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) em algumas condições experimentais, como evidenciado na Tabela 3 e na Figura 16.

Tabela 3 – Valores de média de resistência à flexão (\pm desvio-padrão) para o fator material, em função de Tratamento (MPa).

Material	Tratamento		
	Controle	Banho de água	Microondas
D	26,16 ($\pm 1,01$) a A	26,35 ($\pm 1,14$) a A	25,30 ($\pm 2,10$) a A
K	32,52 ($\pm 1,93$) a A	46,17 ($\pm 2,03$) b C	36,51 ($\pm 2,18$) ab B
UGH	53,20 ($\pm 9,30$) a B	57,23 ($\pm 11,59$) a B	58,15 ($\pm 6,62$) a C
TR	55,22 ($\pm 4,17$) a B	57,45 ($\pm 5,81$) ab B	62,81 ($\pm 4,03$) b CD
L	57,5 ($\pm 5,35$) a B	51,26 ($\pm 6,16$) b C	67,40 ($\pm 4,79$) c D

No sentido horizontal, letras minúsculas iguais indicam valores de média estatisticamente iguais entre si. No sentido vertical, letras maiúsculas iguais indicam valores de média que não apresentam diferenças estatisticamente significantes.

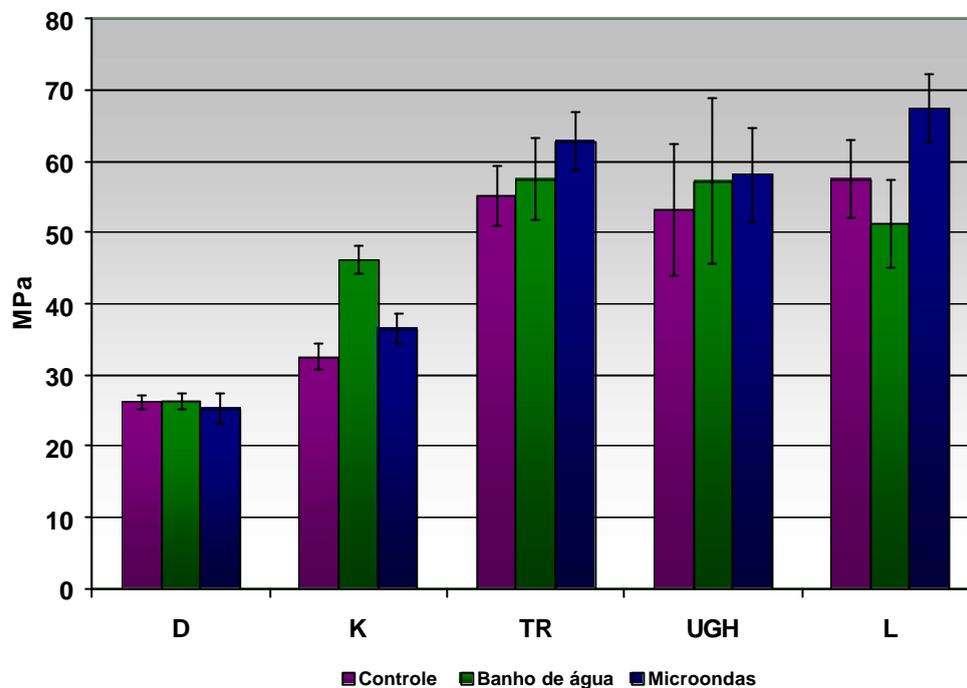


Figura 16 - Valores de Média de resistência à flexão para a interação Material x Tratamento

A análise da Tabela 3 e da Figura 16 indica que o fator Tratamento não foi significativo ao nível de 1% para os materiais D e UGH. Pode-se observar, ainda, que os corpos-de-prova submetidos aos tratamentos térmicos em microondas, utilizando-se as resinas TR e L, produziram valores de resistência à flexão significativamente maiores do que os do grupo controle. Por outro lado, o tratamento térmico em banho de água diminuiu significativamente os valores de resistência à flexão do material L.

Esse tratamento, no entanto, produziu um aumento significativo para a resistência à flexão do material K.

Ao comparar os grupos controle pela interpretação da Tabela 3 e da Figura 16, é possível verificar que os corpos-de-prova dos materiais reembasadores TR e UGH produziram valores de resistência à flexão estatisticamente iguais entre si ($p>0,01$) e aos do material para base de prótese L. Além disso, esses materiais apresentaram resistência à flexão superior àquelas dos materiais K e D ($p<0,01$), tendo o material K produzido valor de média igual ao material D. Entretanto, quando estes materiais foram submetidos ao tratamento térmico em banho de água e em microondas, a resina K apresentou valores de resistência à flexão superiores aos da resina D. As resinas UGH e TR demonstraram valores de resistência à flexão estatisticamente iguais entre si, independentemente do fator Tratamento. Foi observado ainda que, em função do aumento nos valores de resistência à flexão da resina L submetida à irradiação por microondas, esta resina produziu valores de média significativamente maiores do que os da resina UGH. Contudo, os valores de média apresentado pela resina L nesse tratamento foram estatisticamente iguais aos da resina TR ($p>0,01$).

5.2- Dureza Vickers

Os dados originais obtidos pelo ensaio de dureza dos corpos-de-prova para a resina para base de prótese L e para as resinas autopolimerizáveis TR, K, D e UGH estão descritos nas Tabelas 11, 12, 13, 14 e 15, localizados no Apêndice B.

Os valores de dureza foram submetidos ao teste de aderência à curva normal, tendo sido evidenciado que os dados amostrais das condições experimentais não se ajustaram à distribuição normal de probabilidades. Dessa forma, foi utilizado o teste não-paramétrico de comparações múltiplas Kruskal-Wallis (Tabela 4).

Tabela 4 - Teste de Kruskal-Wallis para o ensaio mecânico de dureza.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado: 133,1905

Valor do χ^2 para 14 graus de liberdade: 133,19

Probabilidade de H_0 para esse valor: 0,00%

Significante ao nível de 1 % ($\alpha = 0,01$)

De acordo com a Tabela 4, o teste estatístico de Kruskal-Wallis demonstrou que os fatores Tratamento Térmico e Material apresentaram diferenças significativas ($p < 0,01$) em algumas condições

experimentais. Conseqüentemente, foi possível rejeitar a hipótese de igualdade, como evidenciado na Tabela 5 e na Figura 17.

Tabela 5 – Valores de média de dureza (\pm desvio-padrão) para o fator Material, em função de Tratamento (VHN).

Material	Tratamento		
	Controle	Banho de água	Microondas
D	2,31 (\pm 0,59) a A	2,75 (\pm 0,45) a A	2,77 (\pm 0,61) a A
K	2,03 (\pm 0,66) a A	2,97 (\pm 0,73) b A	2,77 (\pm 0,73) b A
UGH	17,95 (\pm 3,61) a B	17,62 (\pm 6,65) a B	16,66 (\pm 2,84) a B
TR	5,72 (\pm 0,35) a C	6,74 (\pm 0,39) a C	6,95 (\pm 0,44) a C
L	15,02 (\pm 0,81) a D	14,81 (\pm 0,48) a B	15,66 (\pm 0,54) a B

No sentido horizontal, letras minúsculas iguais indicam valores de média estatisticamente iguais entre si. No sentido vertical, letras maiúsculas iguais indicam valores de média que não apresentam diferenças estatisticamente significantes.

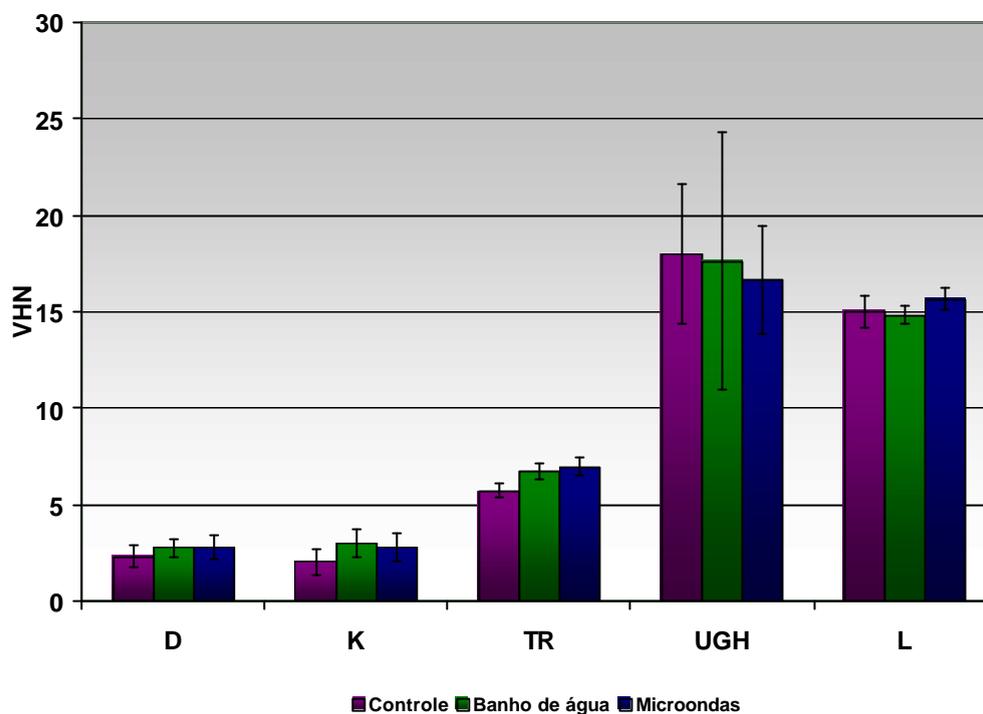


Figura 17 - Valores de Média de dureza para a interação
Material x Tratamento

A análise do fator de variação Tratamento demonstrou que, para o material K, os tratamentos térmicos em banho de água e em microondas produziram valores de dureza Vickers significativamente maiores que os do Grupo controle. Por outro lado, não foram observadas diferenças estatisticamente significantes entre os valores de dureza dos materiais D, TR, UGH e L, independentemente do fator Tratamento (Tabela 5 e Figura 17).

Quando o fator Material foi analisado, os valores de dureza das resinas avaliadas apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,01$). A comparação das médias apresentadas na Tabela 5 e ilustradas na Figura 17 indica que, para o Grupo controle, os materiais demonstraram valores de dureza estatisticamente diferentes entre si. As resinas D e K apresentaram os menores valores de dureza entre os materiais testados, porém estatisticamente iguais entre si ($p > 0,01$). Este resultado repetiu-se após a realização dos tratamentos térmicos em banho de água e microondas. A resina UGH apresentou os maiores valores de dureza quando os grupos controle foram comparados. Porém, após tratamento térmico em banho de água e em microondas, os materiais L e UGH apresentaram valores de dureza significativamente iguais entre si ($p > 0,01$). Os corpos-de-prova da resina TR produziram valores de média de dureza Vickers significativamente menores do que aqueles observados para os materiais UGH e L em todas as condições experimentais avaliadas neste estudo.

6- Discussão

No presente estudo, foi avaliado o efeito dos tratamentos térmicos em microondas e em banho de água sobre quatro diferentes materiais reembasadores e uma resina termopolimerizável para base de prótese.

As resinas para reembasamento e para base de prótese devem apresentar propriedades mecânicas adequadas para suportar as forças geradas durante a função, sem que ocorram fraturas ³. Com base nessa afirmação, o ensaio mecânico de resistência à flexão seria o teste mais adequado para simular a capacidade de cada material de resistir às forças que ocorrem na cavidade bucal durante a atuação de forças mastigatórias ¹⁸. Durante esse teste, o corpo-de-prova se flexiona e a deformação resultante é representada pela diminuição do comprimento da superfície superior (deformação compressiva) e por um aumento de comprimento na superfície inferior (deformação por tração). Uma tensão de cisalhamento é também produzida próximo das extremidades apoiadas do corpo-de-prova, porém esse tipo de tensão não constitui um fator primordial no processo de fratura ³. Por esse motivo, esse método tem sido recomendado em especificações para resinas acrílicas ^{2,33} e utilizado por vários pesquisadores no estudo das propriedades mecânicas desses materiais ^{7,8,13,17,42,55,57,59,69,70,71}. Nestes estudos, a espessura dos corpos-de-

prova utilizados nos testes de resistência à flexão era de aproximadamente 2,5 mm. Porém, uma redução na distância entre os apoios (50 mm) e um aumento na espessura dos corpos-de-prova seria indicada, pois a expressão da resistência à flexão é válida em deflexões relativamente baixas. Assim, um aumento na espessura dos corpos-de-prova tem sido recomendado para diminuir a porcentagem de erro nessas mensurações, favorecendo a precisão dos resultados obtidos em testes de resistência à flexão ¹⁸. Da mesma forma, a especificação da ISO nº 1567 ³³, recentemente revisada sugere a confecção de corpos-de-prova com espessura de 3,3 mm \pm 0,02 mm, tendo sido esta a dimensão utilizada neste estudo.

Os tratamentos térmicos utilizados no estudo foram idealizados com base nos diferentes métodos de polimerização, na composição química e em estudos prévios que demonstraram o favorecimento das propriedades mecânicas de resinas autopolimerizáveis e termopolimerizáveis após aquecimento térmico.

De acordo com o método de polimerização, a ativação dessas resinas pode ser obtida por meio do calor (térmico ou microondas) ou quimicamente, por meio de um ativador químico como o dimetil-p-toluidina. Nas resinas para base de prótese termopolimerizáveis, a ativação do agente iniciador peróxido de benzoíla é realizada por meio de calor, formando radicais livres que iniciam a reação de polimerização, por adição do monômero ³⁴. O peróxido de benzoíla também pode ser ativado

quimicamente, permitindo que a polimerização ocorra à temperatura ambiente. Uma pequena quantidade de amina terciária adicionada ao monômero reage com o peróxido de benzoíla formando os radicais livres, iniciando a reação de polimerização. A polimerização ocorre quando os radicais iniciadores reagem com as moléculas do monômero de maneira idêntica àquela em que o peróxido de benzoíla é decomposto pelo calor. Quanto mais a temperatura se eleva, mais rápido as moléculas se movimentam e mais completa é a reação de polimerização ¹⁹. À medida que a quantidade de monômero é reduzida, como resultado da polimerização, o calor disponível se estabiliza, tornando mais difícil a aproximação entre as moléculas de monômero remanescentes e os radicais livres. Dessa forma, após a reação de polimerização, uma parte desse monômero pode ser liberada em água e outra parte permanece retida no interior do material ⁶⁵, mesmo após vários anos de utilização das próteses ⁶⁰. Dentre os fatores que comprometem as propriedades das resinas acrílicas, a presença de monômero residual tem sido apontada como um dos mais críticos ^{32,34,36,65,67}. Tem sido amplamente demonstrado que as resinas autopolimerizáveis contêm um maior conteúdo de monômero residual em relação às resinas termopolimerizáveis ^{5,19,24,27,32,41,58,65,67,73,74}. Segundo Jagger ³⁴, o monômero residual causa efeito plastificante na resina à medida que reduz as forças intermoleculares, permitindo maior deformação do polímero sob ação de

forças, e sua presença está diretamente relacionada com a reação de polimerização e a composição química dos materiais^{24,40,41,52,73,74}.

Segundo Lamb et al.³⁹, esse conteúdo de monômero residual poderia ser reduzido pelo processo de difusão ou por uma reação complementar de polimerização. Dessa forma, vários métodos de polimerização e tratamentos térmicos têm sido propostos e avaliados com o objetivo de diminuir a presença de monômero residual e favorecer as propriedades das resinas acrílicas^{14,32,51,64,81}.

No presente estudo, foi avaliado o efeito de dois diferentes tratamentos térmicos (em banho de água e em microondas) sobre as propriedades mecânicas de quatro resinas autopolimerizáveis utilizadas para reembasamento do tipo imediato e de uma resina para base de prótese.

Os resultados demonstraram um comportamento diferente entre os materiais quando estes foram submetidos aos diferentes tratamentos térmicos e comparados aos grupos controle.

Entre os materiais reembasadores, apenas a resina K demonstrou um aumento significativo nos valores de resistência à flexão após tratamento térmico em banho de água. Esse resultado também foi verificado no estudo de Beech¹³, que observou o aumento da resistência flexural de uma resina autopolimerizável quando submetida ao tratamento térmico a 100°C por 2 horas. De acordo com os resultados de Shim & Watts⁶⁴, esse mesmo tratamento produziu uma redução significativa no conteúdo

de monômero residual de duas resinas termopolimerizáveis. Ionue et al.³² analisaram o efeito do conteúdo de monômero residual sobre as propriedades viscoelásticas de resinas acrílicas termopolimerizáveis e autopolimerizáveis. Segundo seus resultados, a porcentagem de monômero residual foi diminuída pelo aquecimento das resinas a 100°C por 1 hora, favorecendo as suas propriedades viscoelásticas. Além disso, foi observado, ainda, um aumento na temperatura de transição vítrea para todos os materiais testados. Robinson et al.⁵⁷, ao avaliarem o efeito de diferentes métodos de limpeza da prótese, demonstraram um aumento na resistência à flexão quando uma resina termopolimerizável e uma resina autopolimerizável foram submetidas à imersão em banho de água a 95°C. Segundo os autores, esse resultado é induzido pelo aumento no grau de polimerização dos materiais. Da mesma forma, os resultados de Tsuchiya et al.⁷² demonstraram que a imersão de resinas para base de prótese em água aquecida à temperatura de 50°C por 1 hora também proporcionou uma redução do conteúdo de monômero residual de todos os materiais avaliados, tendo essa redução resultado em menores efeitos citotóxicos das resinas avaliadas.

Tem sido sugerido, ainda, que o aquecimento das resinas a temperaturas próximas da sua temperatura de transição vítrea proporciona maior mobilidade das moléculas de monômero residual em direção aos radicais livres presentes, induzindo uma reação complementar de

polimerização^{40,74} e, portanto, um maior grau de conversão do monômero em polímero⁴¹. Além disso, a liberação de monômero residual em meio aquoso é um outro fenômeno que pode contribuir para a redução dos níveis de monômero residual em resinas acrílicas^{37,65,72,73}. Os monômeros liberados correspondem aos monômeros residuais que permaneceram entre as cadeias poliméricas sem unir-se a elas, assim passíveis de serem difundidos para fora do material polimerizado. Segundo Davy & Braden²⁰, a liberação de monômero residual ocorre por meio do processo de difusão e está diretamente relacionada à sua concentração. Dessa forma, uma maior concentração de monômero residual está presente nos períodos iniciais após a polimerização das resinas^{40,73} e, conseqüentemente, maiores são os níveis de liberação observados^{72,73}.

Em um estudo desenvolvido por Arima et al.⁸ foi verificado que a resina Kooliner, que é composta por polietil metacrilato/isobutil metacrilato, apresentou uma maior solubilidade entre os materiais reembasadores. Por esse motivo, este material deve apresentar uma maior liberação de resíduos da reação de polimerização e de monômero residual diminuindo o seu efeito plastificante sobre a resina. Além disso, é importante ressaltar que a resina K não apresenta agente de ligação cruzada em sua composição. Segundo Anusavice⁴, o agente de ligação cruzada proporciona um número suficiente de ligações entre as macromoléculas lineares formando uma rede tridimensional que altera a solubilidade da resina. Tendo

em vista que a resina K não contém agente de ligação cruzada, pode-se supor que o conteúdo de monômero residual e de resíduos da polimerização seja liberado mais facilmente. Assim, o aumento na resistência flexural do material K após tratamento térmico em banho de água poderia ser atribuído tanto à liberação de monômero residual por meio de difusão quanto à maior conversão do monômero residual em polímero proporcionada pelo tratamento térmico complementar.

Apesar da grande maioria dos estudos citados anteriormente terem observado uma redução no conteúdo de monômero residual após tratamento em banho de água, Netto et al.⁵⁴ não verificaram nenhuma diferença significativa na resistência à flexão quando uma resina autopolimerizável foi submetida a uma polimerização adicional em banho de água a 70°C por 90 minutos e 100°C por 60 minutos. McCrorie & Anderson⁴⁵ verificaram um ligeiro, porém não significativo, aumento na resistência à flexão de corpos-de-prova confeccionados com uma resina termopolimerizável reparada com uma resina autopolimerizável, após tratamento térmico em banho de água a 60°-65°C por 10 minutos. Da mesma forma, Mello⁵¹ não observou diferença significativa nos valores de resistência à flexão entre corpos-de-prova de uma resina autopolimerizável polidos quimicamente e submetidos ao aquecimento em água por 65°C por 1 hora e corpos-de-prova polidos quimicamente.

As diferenças de comportamento observadas nos estudos citados podem ser atribuídas às diferenças de composição química entre as resinas acrílicas testadas. Arima et al.⁸ observaram uma relação direta entre a composição química do material e suas propriedades físicas e mecânicas.

Para as resinas TR e L, o aumento nos valores de resistência à flexão foram observados após tratamento térmico em microondas. O método de irradiação por microondas, também denominado de aquecimento dielétrico, proporciona aquecimento imediato e uniforme da resina, tanto nas porções superficiais como naquelas mais profundas⁵⁵. No estudo de De Clerck²¹, as microondas são descritas como sendo ondas eletromagnéticas produzidas por um gerador denominado magnetron. A sua aplicação permite a movimentação das moléculas de monômero pelo aquecimento interno produzido por um campo eletromagnético de alta frequência. Essas moléculas possuem em cada extremidade cargas ligeiramente positivas e negativas e, quando submetidas a um campo eletromagnético, vibram com frequência de aproximadamente 5 bilhões de vezes por segundo, convertendo a energia eletromagnética em calor como resultado de fricção molecular. Dessa forma, o aumento da temperatura ocorre no interior do material, independentemente da sua condutividade térmica. Nesse método de polimerização, as microondas atuam somente nas moléculas de monômero e, à medida que ocorre a progressão da reação de polimerização, a mesma energia é absorvida por um número cada vez maior de moléculas

que se tornam progressivamente mais ativas. Assim, podemos supor que, após os materiais TR e L terem sido polimerizados seguindo-se as instruções dos fabricantes, as moléculas de monômero residual retidas no interior do polímero absorveram energia suficiente para permitir o seu deslocamento em direção aos radicais livres presentes. Provavelmente, um maior grau de conversão foi obtido, resultando no aumento da resistência à flexão observado nesses materiais. Além disso, segundo Mello ⁵¹, o calor gerado pela irradiação por microondas sobre a massa da resina poderia promover uma maior difusão do monômero para a superfície do corpo-de-prova e, conseqüentemente, uma volatilização do mesmo.

Com relação à polimerização de resinas termopolimerizáveis, vários estudos têm demonstrado a importância de um ciclo terminal de polimerização a 100°C por, pelo menos, 1 hora para que as resinas para base de prótese apresentem níveis satisfatórios de monômero residual, bem como propriedades mecânicas mais adequadas ^{13,24,34,35,55,65,67,74}. Dessa forma, podemos supor que o ciclo curto de polimerização indicado pelo fabricante da resina L, que inclui o aquecimento terminal a 100°C, porém por apenas 30 minutos, resultou na presença de monômero residual e radicais livres em concentrações suficientes para possibilitar a polimerização complementar em microondas.

Os resultados estão de acordo com outros estudos, em que a irradiação por microondas tem sido apontada como uma fonte de energia

viável no tratamento térmico de resinas autopolimerizáveis, favorecendo suas propriedades. Blagojevic & Murphy ¹⁴ demonstraram uma diminuição do conteúdo de monômero residual de aproximadamente quatro vezes em uma resina autopolimerizável submetida a complementação térmica de polimerização em microondas, tendo sido esse efeito acompanhado de um aumento da resistência ao impacto e da temperatura de transição vítrea do material. Da mesma forma, Yunus et al.⁸¹ verificaram uma redução dos níveis de monômero residual quando uma resina autopolimerizável para reparo e reembasamento foi submetida à irradiação com microondas após ter sido polimerizada por 20 minutos à temperatura ambiente. O menor conteúdo de monômero proporcionado pela irradiação com microondas indica, segundo os autores, que a resina, quando submetida a esse tipo de energia, atinge maior grau de conversão. Assim, resultados superiores de resistência à flexão foram obtidos em reparos submetidos ao tratamento em microondas. Por outro lado, Mello ⁵¹, ao avaliar as propriedades mecânicas e químicas de uma resina autopolimerizável polida quimicamente e submetida ao ciclo complementar de polimerização em banho de água e em microondas, não verificou diferenças significativas entre os valores de resistência à flexão dos corpos-de-prova polidos quimicamente e as amostras submetidas ao polimento químico e, posteriormente, tratadas termicamente em microondas a 450 W por 3 minutos. No entanto, foi observada uma redução significativa

no conteúdo de monômero residual após tratamento térmico em microondas quando comparado ao do grupo polido apenas quimicamente.

No entanto, para as resinas autopolimerizáveis D e UGH, os tratamentos térmicos não demonstraram ser efetivos.

Sabe-se, que para a indução de uma polimerização complementar, é necessária a ativação do iniciador (peróxido de benzoíla) para a obtenção dos radicais livres. Esta polimerização tem início quando os radicais livres abrem as cadeias duplas do metil metacrilato promovendo uma reação em cadeia pela qual onde o monômero une-se aos radicais livres ¹². Entretanto, na reação de polimerização, a concentração de radicais iniciadores é um fator importante a ser considerado, tendo em vista que são eles que iniciam o crescimento de cada nova cadeia polimérica. De acordo com Al Doori et al. ¹, quando uma amina terciária está presente no monômero, a conversão final do monômero residual ocorre até um valor limite devido aos seguintes fatores: 1) diminuição da quantidade de peróxido de benzoíla remanescente, visto que, nos estágios iniciais da polimerização, a atuação da amina terciária resulta em sua decomposição; 2) os radicais iniciadores são convertidos em produtos menos reativos em função da sua reação com os íons de carga positiva ou com os produtos formados durante as reações secundárias. Com base nessas informações, podemos supor que, após a sua polimerização, a resina D não apresentou quantidade suficiente de peróxido de benzoíla remanescente para decompor-se em

radicais livres e que, dessa forma, a temperatura de 55°C por 10 minutos não foi capaz de promover uma reação complementar de polimerização.

Para a resina UGH, o resultado obtido sugere, inicialmente, que o sistema de ativação química dessa resina, provavelmente, proporcionou condições favoráveis para a obtenção de corpos-de-prova com pouco conteúdo de monômero residual. Além disso, a proporção utilizada para a resina UGH foi obtida por meio de um sistema de automistura que deve promover uma maior uniformidade no material durante o proporcionamento.

No presente estudo, foi observada, ainda, uma diminuição significativa na resistência flexural quando os corpos-de-prova da resina L foram submetidos ao tratamento térmico em banho de água. Segundo Takahashi et al.⁶⁹, quando as resinas são imersas em água, os constituintes solúveis, como os monômeros não reagidos, os plastificadores e os iniciadores, são liberados em água. Por outro lado, moléculas de água são absorvidas para o interior da massa por meio de um processo denominado difusão, preenchendo, dessa forma, as microporosidades da resina. Todas essas substâncias influenciam negativamente na resistência do polímero, facilitando o movimento da cadeia de polímero em um grau variado. Portanto, a resistência do polímero é dada pelo tempo de imersão em água e pela quantidade relativa dessas moléculas no polímero. Com base nessas informações, Takahashi et al.⁶⁹ descrevem duas hipóteses: se o efeito

plastificante das substâncias liberadas for menor que o efeito plastificante das moléculas de água absorvidas, então é observada uma diminuição na resistência do polímero. Contudo, se o efeito plastificante das substâncias liberadas for maior que o efeito das moléculas de água, é verificado um aumento na resistência flexural.

Provavelmente, a redução dos valores de resistência à flexão apresentada pelos corpos-de-prova da resina L após tratamento térmico em banho de água deve ser atribuída a uma maior difusão das moléculas de água para dentro da matriz do polímero, exercendo, dessa forma, um efeito plastificante superior ao efeito induzido pela liberação dos constituintes da resina e ao efeito térmico causado pelo tratamento complementar em água aquecida. Esse resultado está de acordo com o estudo de Arab et al.⁶, que observaram uma redução na resistência flexural quando os corpos-de-prova de uma resina termopolimerizável foram submetidos ao tratamento em água a 100°C após sua polimerização. Os autores verificaram, ainda, que o aquecimento dos corpos-de-prova em água a 50°C não demonstrou ser efetivo sobre a redução do conteúdo de monômero residual.

Ao comparar os valores de resistência à flexão dos materiais reembasadores autopolimerizáveis, podemos observar a superioridade das resinas TR e UGH sobre os materiais K e D, tendo este último produzido os menores valores de resistência à flexão, porém estatisticamente iguais aos da resina K.

Além disso, os valores de resistência à flexão das resinas para reembasamento D e K foram significativamente menores que aqueles da resina termopolimerizável para base de prótese L. Esse resultado está de acordo com os resultados obtidos por Archadian et al.⁷. Novamente, essas diferenças devem estar diretamente relacionadas com as variações de composição desses materiais. De acordo com Murphy et al.⁵², as resinas à base de polietil metacrilato ou butil metacrilato possuem propriedades inferiores às das resinas à base de polimetil metacrilato. A resina K apresenta em sua composição o monômero monofuncional isobutil metacrilato como componente principal do líquido, porém não contém em sua composição agente de ligação cruzada. A resina D, embora apresente o agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato, não demonstrou valores de resistência à flexão superiores aos da resina K. Os agentes de ligação cruzada são incorporados às resinas com o objetivo de melhorar a sua rigidez⁶⁷ e reduzir a propagação de trincas quando da atuação de forças de impacto^{30,56,67}. O monômero bifuncional etilenoglicol dimetacrilato é um agente de ligação cruzada normalmente utilizado na composição de algumas resinas acrílicas. Contudo, estudos têm demonstrado que os agentes de ligação cruzada não devem ser utilizados em uma concentração superior a 10% para que as propriedades de resistência à tração e ao impacto do material não sejam prejudicadas^{30,56}. O estudo realizado por Caycik & Jagger¹⁶ reforça o resultado obtido nestes estudos. Os autores verificaram

que o agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato exerce pouco efeito sobre as propriedades mecânicas do polímero. Foi observada, ainda, uma redução gradual na resistência ao impacto quando a concentração do agente de ligação cruzada foi aumentada. Segundo Ruyter et al.⁵⁹, quanto maior o conteúdo do agente de ligação cruzada etilenoglicol dimetacrilato presente no material durante a reação de copolimerização entre este agente e o metil metacrilato, menor será sua conversão final. Após essa reação, alguns monômeros (grupos pendentes) permanecerão e deverão agir como plastificantes separando os segmentos da cadeia principal.

Um outro fator importante a ser analisado em relação à resina D é o seu conteúdo de monômero residual. Segundo Kedjarune et al.³⁷, a variação no conteúdo de monômero residual é influenciada pela proporção pó-líquido de cada material e pelo método de processamento. Assim, considerando-se que a resina D apresenta uma maior relação pó-líquido (1 g/1 mL), um maior conteúdo de monômero residual pode ser esperado em comparação às outras resinas acrílicas utilizadas neste trabalho. Esse alto conteúdo de monômero residual pode ter comprometido negativamente as propriedades mecânicas do material D, como observado nesta pesquisa. Contudo, as resinas para reembasamento TR e UGH apresentaram valores de resistência à flexão iguais estatisticamente aos da resina termopolimerizável L. As resinas TR e UGH possuem em sua composição o agente de ligação cruzada 1,6-hexanediol dimetacrilato, que

pode ser incorporado aos polímeros com o objetivo de melhorar suas propriedades mecânicas. Provavelmente, esse agente de ligação cruzada tenha contribuído para os altos valores de resistência à flexão apresentados por esses materiais neste estudo. Resultados similares foram encontrados no estudo de Arima et al.⁸, que observaram valores de resistência à flexão produzidos pela resina TR similares aos da resina autopolimerizável Rebaron, que apresenta a mesma composição da resina L (polimetil metacrilato) utilizada nesse estudo. Outro aspecto a ser discutido é o sistema de ativação química das resinas TR e UGH, que provavelmente proporcionou condições favoráveis para a obtenção de corpos-de-prova com baixo nível de monômero residual. Os resultados de Kedjarune et al.³⁷ comprovam essa hipótese pois, segundo suas análises, a resina TR demonstrou, imediatamente após sua polimerização, os menores níveis de monômero residual em comparação com os de outras duas resinas autopolimerizáveis, tendo sido semelhantes aos níveis observados para duas resinas termopolimerizáveis. Provavelmente, o baixo nível de monômero residual das resinas TR e UGH foi um dos aspectos responsáveis por estes materiais terem apresentado resistência à flexão semelhante à da resina L utilizada neste estudo. Além disso, pode-se observar que os valores de resistência à flexão do material TR são similares aos valores encontrados por outros estudos descritos na literatura^{7,8}. Embora não tenha sido o objetivo deste estudo, é importante relatarmos que quase todos os corpos-de-prova da

resina UGH fraturaram durante o teste de resistência à flexão, independentemente do tratamento realizado. Além disso, essa resina apresentou o mais alto coeficiente de variação entre os materiais testados. Este resultado pode ser atribuído à maior friabilidade desse material, o que o torna mais sensível à propagação de trincas a partir das porosidades existente no material. O ensaio mecânico de resistência à flexão aplica sobre o corpo-de-prova uma tensão de natureza complexa, com o início da fratura na área de tração, através da formação de microtrincas, e o seu término na região de aplicação da carga ⁵¹. Para a resina TR, as fraturas também ocorreram durante o teste, porém com uma frequência menor. Portanto, o material UGH demonstrou ser mais frível em relação às outras resinas para reembasamento.

Além disso, um importante aspecto a ser considerado durante a seleção dos materiais reembasadores é o fato de que esses materiais estarão associados às resinas para bases de próteses e, dependendo de suas propriedades mecânicas, poderão comprometer a resistência da prótese. Entretanto, neste estudo foi avaliada apenas a resistência flexural de corpos-de-prova intactos confeccionados a partir de uma resina para base de prótese e de diferentes materiais reembasadores. O presente estudo proporcionou um maior conhecimento do comportamento mecânico inerente a cada material para base de prótese. Têm-se que os corpos-de-prova reembasados devem comportar-se de maneira diferente

quando comparados aos corpos-de-prova de cada material. Conseqüentemente, nos estudos que avaliaram a resistência à flexão de corpos-de-prova confeccionados com diferentes resinas para base de prótese, em que parte da sua espessura era composta por materiais reembasadores, os valores de resistência à flexão obtidos foram menores em comparação aqueles produzidos pelos materiais para base de prótese testados de maneira intacta ^{7,68,71}. Porém, a magnitude desse efeito era menor quando materiais mais resistentes eram utilizados. Nos estudos de Takahashi et al. ^{68,71}, foi observado que o aumento da espessura do material reembasador promove uma redução na resistência de resinas de base de prótese reembasada. Apesar disso, é importante salientar que, nos estudos mencionados anteriormente, a resistência obtida após reembasamento é superior em relação àquela produzida pelos materiais reembasadores. Esses aspectos são particularmente importantes com relação à utilização dos materiais K e D no reembasamento definitivo de bases de prótese, considerando os baixos valores de resistência à flexão desses materiais em relação à resina de base L. Provavelmente, dependendo da espessura de resina de base removida para a realização do reembasamento, esses materiais poderiam comprometer o comportamento mecânico das bases de prótese. Além disso, os estudos citados anteriormente avaliaram o efeito do reembasamento sobre a resistência flexural em corpos-de-prova de pequenas dimensões (65 mm x 10 mm x 2,5 mm). É importante salientarmos

que as bases de prótese apresentam forma de contorno variada, diferentes espessuras e uma maior área de contato com o material reembasador quando comparadas aos corpos-de-prova testados nesses estudos. Assim, avaliações adicionais das propriedades mecânicas em bases de prótese após o reembasamento devem ser consideradas clinicamente relevantes.

Após o reembasamento da base de prótese, é necessário, ainda, que a resina para base de prótese possua uma boa união com o material reembasador, contribuindo, dessa forma, para a melhora das propriedades mecânicas do material reembasado. A importância da resistência de união entre materiais reembasadores diretos e resinas para base de prótese foi ressaltada por Chai et al.¹⁷ ao afirmarem que a capacidade do material reembasador de resistir às forças oclusais e de reforçar a base da prótese depende de sua propriedade adesiva. Quando há uma união deficiente entre a base de prótese e o material reembasador, uma falha adesiva pode ocorrer nessa interface, mesmo mediante um estresse relativamente baixo. Leles et al.⁴² observaram uma união deficiente entre a resina Kooliner e o material para base de prótese apresentando uma alta porcentagem de falhas do tipo adesivas. Segundo os autores, esse resultado poderia ser atribuído à diferença de composição química entre a resina para reembasamento Kooliner (polietil metacrilato) e a resina termopolimerizável (polimetil metacrilato) analisada. Da mesma forma, Bunch et al.¹⁵ verificaram que a resina Kooliner apresentou os menores valores de resistência de união

quando comparada a outras resinas autopolimerizáveis. Essa resina apresentou 100% de falha adesiva quando unida a diferentes resinas para base de prótese. Além disso, no estudo de Machado Cucci et al.⁴⁷, foi observado que, após o armazenamento em água, a resina D apresentou uma maior contração em relação às resinas K e L. Sendo assim, podemos supor que a maior contração apresentada pela resina D poderia afetar sua resistência de união com a resina de base e, portanto, a resistência à flexão da base de prótese.

O ensaio mecânico de dureza foi utilizado para complementar o estudo; no entanto, a escolha da medida de dureza adequada depende da natureza do material a ser testado. A dureza Vickers tem sido utilizada na caracterização das propriedades mecânicas de vários materiais, como metais e cerâmicas. Contudo, poucas informações têm sido fornecidas sobre a utilização da dureza Vickers para polímeros. O estudo desenvolvido por Low⁴³, demonstrou que a dureza Vickers de polímeros acrílicos independe da quantidade de carga aplicada sobre o material. O autor observou, ainda, que a recuperação elástica das impressões Vickers ocorre ao longo das faces da figura geométrica (losango) e não sobre as diagonais das impressões. Com base nessa informação, conclui-se que a dureza Vickers poderia ser indicada para a avaliação de dureza e viscoelasticidade dos polímeros. No presente estudo, a dureza Vickers foi utilizada por ser um método fácil e objetivo para a avaliação de materiais de

pequeno volume.⁴³ Além disso, o teste permite a obtenção de valores de dureza em corpos-de-prova com espessura variada, produzindo impressões extremamente pequenas que não inutilizam as amostras²⁵.

Os resultados demonstraram que os tratamentos térmicos em microondas e em banho de água não produziram efeito significativo sobre a dureza Vickers das resinas UGH, D, TR e L. Resultados semelhantes foram verificados por Blagojevic & Murphy¹⁴, que não observaram diferenças significativas nos valores de dureza de uma resina autopolimerizável, após o tratamento térmico complementar em microondas a 600 W por 3 minutos, apesar do aumento na resistência ao impacto ter sido observado com este tratamento.

Por outro lado, os valores de dureza foram significativamente maiores ($p < 0,01$) para a resina K após esse material ter sido submetido aos tratamentos térmicos citados anteriormente.

De acordo com Jerolimov et al.³⁶, uma maior concentração de monômero residual está presente na região superficial dos corpos-de-prova das resinas autopolimerizáveis devido ao maior aquecimento interno proporcionado pela reação exotérmica de polimerização. Assim, pode-se supor que, durante o tratamento térmico em banho de água, esse monômero residual poderia ter sido eliminado pelo processo de difusão e indução complementar de polimerização. Lamb et al.³⁹ e Vallittu et al.⁷³ observaram que o processo de difusão depende diretamente da temperatura. Portanto, o

aumento na temperatura da água durante a polimerização das resinas facilitaria o processo de difusão e proporcionaria um maior grau de conversão do polímero durante a polimerização. Vallittu et al.⁷⁴ observaram que o aumento na temperatura de polimerização de 30° para 60°C diminuiu significativamente o conteúdo de monômero residual das resinas autopolimerizáveis. Da mesma forma, o estudo realizado por Dogan et al.²² demonstraram uma diminuição no conteúdo de monômero residual quando as resinas autopolimerizáveis foram polimerizadas a 30°C por 30 minutos em banho de água. Essa diminuição também foi verificada por Lamb et al.³⁹ em amostras de resina autopolimerizável armazenadas em água a 37°C. Os resultados revelaram que o aumento na temperatura aumentou o processo de difusão do monômero em água durante o primeiro dia de armazenamento. Foi observado, também, que a quantidade de monômero residual liberado pela resina autopolimerizável foi significativamente maior que para a resina termopolimerizável. Os autores atribuem esse resultado: 1) ao maior conteúdo de monômero residual apresentado pela resina autopolimerizável e 2) à presença de uma maior porosidade na estrutura da resina autopolimerizável que facilitaria sua difusão. Em um estudo complementar, Lamb et al.⁴⁰ verificaram um maior conteúdo de monômero residual quando as resinas avaliadas foram polimerizadas a 22°C em comparação com as amostras polimerizadas a 55°C. Esse resultado deve ser atribuído ao fato de que a decomposição do peróxido de benzoíla aumenta proporcionalmente

com a elevação da temperatura. Segundo os autores, quando as amostras foram armazenadas a uma temperatura mais elevada, as moléculas de monômero difundiram-se mais rapidamente para o lado ativo e houve uma diminuição no conteúdo de monômero residual. No entanto, não há relatos sobre o efeito do tratamento térmico complementar em banho de água sobre os valores de dureza das resinas autopolimerizáveis. Portanto, com base no mecanismo acima citado, pode-se supor que a temperatura de 55°C utilizada neste estudo para o tratamento térmico em banho de água por 10 minutos foi suficiente para promover um aumento nos valores de dureza da resina K. Este resultado está de acordo com os do estudo de Arab et al.⁶, que demonstraram um aumento nos valores de dureza Vickers após imersão dos corpos-de-prova em água aquecida, porém a 100°C.

Entretanto, a temperatura de polimerização adequada para promover resultados favoráveis nos valores de dureza pode diferir entre os materiais devido à diferença na composição química das resinas. Isso pode explicar o comportamento diferente entre a resina K e os outros materiais testados neste estudo. Como discutido anteriormente, a resina D apresenta a maior proporção pó-líquido entre as resinas utilizadas neste estudo. Além disso, essa resina demonstra baixa solubilidade²⁰, dificultando, dessa forma, a eliminação do monômero residual presente na matriz do polímero. Com base nessa afirmação, tendo em vista o alto conteúdo de monômero residual presente na resina D, provavelmente o grau de conversão promovido pelos

tratamentos térmicos não foi o suficiente para induzir um aumento significativo nos valores de dureza. Talvez a utilização de uma temperatura mais elevada pudesse promover um efeito significativo sobre essa resina, podendo este aspecto ser objeto de um estudo futuro.

Os valores de dureza das resinas UGH e TR não foram alterados após os tratamentos térmicos, provavelmente pelo menor conteúdo de monômero residual apresentado por essas resinas. Deve-se salientar, ainda, que a resina L, devido à natureza de sua reação de polimerização, pode reter o monômero residual na camada mais interna da massa polimérica, tendo em vista a presença do calor externo. Esse acúmulo de monômero residual nas camadas mais internas da massa polimérica pode influenciar negativamente em um teste mais complexo, como o da resistência flexural do material. No entanto, deve-se considerar que o ensaio de dureza é um teste mais superficial e que, portanto, a influência desse monômero residual aprisionado na camada mais interna do material não seria detectável nos testes de dureza.

Outra observação relevante foi descrita por Yatabe et al.⁸⁰, Anusavice⁴ e Lee et al.⁴¹. Segundo esses autores, a presença de oxigênio em grande quantidade pode inibir ou retardar a polimerização do material e, dessa forma, uma camada superficial não polimerizada poderia influenciar negativamente nas propriedades das resinas acrílicas. Durante o tratamento térmico em microondas, os corpos-de-prova foram submetidos às irradiações

sobre um suporte de plástico sempre em contato com o ar ambiente. A polimerização dos radicais livres pode ser inibida pela presença de qualquer substância capaz de reagir com esses radicais. Substâncias como hidroquinona e a presença de oxigênio em grande quantidade competem com os radicais livres, inibindo ou retardando a polimerização. Portanto, durante a realização do tratamento térmico em microondas, podemos supor que o oxigênio inibiu a polimerização dessa camada mais superficial. Segundo Lee et al.⁴¹, a imersão em água das resinas autopolimerizáveis durante a polimerização é indicada para diminuir o efeito do oxigênio. No entanto, mesmo com a água servindo como uma barreira para o oxigênio, os resultados não demonstraram um aumento nos valores de dureza para as resinas testadas, exceto para a resina K.

Comparando-se os grupos controle dos materiais reembasadores, pode-se observar um maior valor de dureza para a resina UGH. Este material apresentou, ainda, valores de dureza significativamente superiores àqueles da resina termopolimerizável L. Esses valores mais altos de dureza poderiam ser atribuídos à incorporação de partículas de carga na matriz do polímero, como observados para as resinas fotopolimerizáveis para reembasamento. Porém, estudos mais detalhados da composição química desse material seriam necessários para a avaliação desta hipótese. É importante salientar que essa informação normalmente é considerada confidencial pelos fabricantes. Outro aspecto relevante é a presença do

agente de ligação cruzada que, segundo Stafford & Hugget ⁶⁶, poderia melhorar a dureza superficial do material. Como descrito anteriormente, as resinas UGH e TR apresentam em sua composição o agente de ligação cruzada 1,6-hexanediol dimetacrilato, que pode ser responsável pela maior dureza desses materiais em relação aos materiais K e D.

Embora as resinas TR e UGH apresentem composições químicas semelhantes, a resina TR apresentou valores de dureza significativamente inferiores aos da resina UGH. A resina TR apresenta em sua composição 39,8% de β -metacrilóioxetil propionato, que, segundo Arima et al. ⁹, é um monômero monofuncional unido por dois ésteres, formando uma cadeia polimérica bastante flexível que poderia afetar o módulo de elasticidade do material. Com base nessas informações, pode-se supor que essa maior flexibilidade das cadeias apresentada pela resina TR poderia afetar também a dureza do material, explicando, assim, os menores valores de dureza obtidos pelo material em relação à resina UGH.

As resinas D e K apresentaram valores de dureza consideravelmente menores em relação às outras resinas. Com base no estudo de Frangou & Polyzois ²⁸ e Arab et al. ⁶, essa diferença nos valores de dureza poderia ser atribuída aos altos níveis de monômero residual apresentada por essas resinas.

Tendo em vista os resultados inferiores de resistência à flexão e dureza das resinas D e K em relação às outras resinas testadas neste estudo, pode-se concluir que essas resinas apresentam limitações em seu uso, sendo, portanto, indicadas como materiais temporários, como sugerido por Murphy et al.⁵².

Foi verificado, ainda, que as propriedades mecânicas de alguns materiais foram favorecidas após tratamento térmico em banho de água ou em microondas. Entretanto, a relevância clínica destes resultados deve ser avaliada em estudos futuros. Além disso, avaliações detalhadas de outras propriedades mecânicas e físicas ainda são necessárias para uma indicação mais precisa dos tratamentos térmicos descritos no presente estudo.

7- Conclusão

Com base nas condições experimentais deste estudo e de acordo com a metodologia empregada, pôde-se concluir que:

1. o tratamento térmico em banho de água aumentou significativamente os valores de resistência à flexão do material K e promoveu uma redução no valor de média do material L;
2. os valores de resistência à flexão das resinas TR e L aumentaram significativamente após tratamento térmico em microondas;
3. os grupos controle das resinas UGH, TR e L produziram valores de resistência à flexão estatisticamente iguais entre si, porém superiores aos valores de média das resinas K e D, que foram semelhantes entre si;
4. após tratamento térmico, o material K apresentou valores de resistência à flexão superiores aos da resina D, independentemente do tipo de tratamento a que o material foi submetido;
5. o fator Tratamento não promoveu alterações nos valores de dureza para as resinas estudadas, exceto para o material K, que apresentou um aumento significativo nos valores de média após tratamento térmico em banho de água e em microondas;

-
6. a resina UGH produziu os maiores valores de dureza dentre os materiais testados, seguida pelo material L, que apresentou valores de média superiores aos da resina TR. Os materiais D e K apresentaram os menores valores de dureza Vickers, tendo sido estatisticamente iguais entre si;
 7. após tratamento térmico em microondas e em banho de água, a resina L apresentou valores de dureza iguais aos da resina UGH.

8- Referências^{*}

1. AL DOORI, D. et al. A comparison of denture base acrylic resins polymerised by microwave irradiation and by conventional water bath curing systems. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.4, n.1, p.25-32, Feb. 1988.
2. AMERICAN NATIONAL STANDARD. **American Dental Association. Specification nº 12 for denture base polymer.** Chicago, 1975.
3. ANUSAVICE, K.J. Propriedades Mecânicas dos Materiais Dentários. In: _____. **Materiais dentários.** 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. cap. 4, p. 28-43.
4. ANUSAVICE, K.J. Química das resinas acrílicas. In: _____. **Materiais dentários.** 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. cap. 10, p. 125-139.
5. ANUSAVICE, K.J. Resina para base de dentadura. In: _____. **Materiais dentários.** 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. cap. 11, p. 140-160.

* Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6023.** Informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 24p.

-
6. ARAB, J.; NEWTON, J.P.; LLOYD, C.H. The effect of an elevated level of residual monomer on the whitening of a denture base and its physical properties. **J. Dent.**, Guildford, v.17, n.4, p.189-194, Aug. 1989.
 7. ARCHADIAN, N. et al. Flexural strength of rebased denture polymers. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.27, n.8, p.690-696, Aug. 2000.
 8. ARIMA, T.; MURATA, H.; HAMADA, T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.73, n.1, p.55-59, Jan. 1995.
 9. ARIMA, T.; MURATA, H.; HAMADA, T. Analysis of composition and structure of hard autopolymerizing reline resins. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.23, n.5, p.346-352, May 1996.
 10. ATWOOD, D.A. Reduction of residual ridges: a major oral disease entity. **J Prosthet Dent.** St. Louis, v.26, n.3, p.266-279, Sept. 1971.
 11. AZEVEDO, A. et al. The development of surface hardness in hard chairside reline resins. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.79, n.5, p.1160, 2000.
 12. BARTOLONI, J.A. et al. Degree of conversion in denture base materials for varied polymerization techniques. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.27, n.6, p.488-493, June 2000.

-
13. BEECH, D.R. Molecular weight distribution of denture base acrylic. **J. Dent.**, Guildford, v.3, n.1, p.19-24, Jan. 1975.
 14. BLAGOJEVIC, V.; MURPHY, V.M. Microwave polymerization of denture base materials. A comparative study. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.26, n.10, p.804-808, Oct. 1999.
 15. BUNCH, J.; JOHNSON, G.H.; BRUDVIK, J.S. Evaluation of hard direct relined resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.57, n.4, p.512-519, Apr. 1987.
 16. CAYCIK, S.; JAGGER, R.G. The effect of cross-linking chain length on mechanical properties of a dough-molded poly(methylmethacrylate) resin. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.8, n.3, p.153-157, May 1992.
 17. CHAI, J.; TAKAHASHI, Y.; KAWAGUCHI, M. The flexural strengths of denture base acrylic resins after relining with a visible-light-activated material. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.11, n.2, p.121-124, Mar./Apr. 1998.
 18. CHITCHUMNONG, P.; BROOKS, S.C.; STAFFORD, G.D. Comparison of three- and four-point flexural strength testing of denture-base polymers. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.5, n.1, p.2-5, Jan. 1989.
 19. CRAIG, R.G.; POWERS, J.M.; WATAHA, J.C. Plásticos em prótese. In:_____. **Materiais dentários. Propriedades e Manipulação.** 7. ed. São Paulo: Ed. Santos, 2002. cap.13, p.257-281.

-
-
20. DAVY, K.W.M.; BRADEN, M. Residual monomer in acrylic polymers. **Biomaterials**, Guildford, v.12, n.6, p.540-544, Aug. 1991.
21. DE CLERCK, J. P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prothesis. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.57, n.5, p.650-658, May 1987.
22. DOGAN, A. et al. The effect of preparation conditions of acrylic denture base materials on the level of residual monomer, mechanical properties and water absorption. **J. Dent.**, Guildford, v.23, n.5, p.313-318, Oct. 1995.
23. DOI, C.C. et al. Estudo comparativo do nível de monômero residual de resinas acrílicas utilizadas para o reembasamento em próteses removíveis com diferentes ciclos de polimerização. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9, 1997, Jaboticabal **Anais...** Jaboticabal, 1997. p.239.
24. DOUGLAS, W.H.; BATES, J.F. The determination of residual monomer in polymethylmethacrylate denture-base resins. **J. Mater. Sci.**, v.13, p.2600-2604, 1978.
25. ELIAS, C.N.; LOPES, H.P. Ensaio mecânicos. In: ESTRELA, C. **Metodologia Científica. Ensino e pesquisa em odontologia**. São Paulo: Ed. Artes Médicas, 2001. cap.13, p. 251-273.

-
26. FISHER, A.A. Allergic sensitization of the skin and oral mucosa to acrylic denture materials. **J. Am. Med. Assoc.**, Chicago, v.156, n.3, p.238-242, Sept. 1954.
 27. FLETCHER, A.M. et al. The level of residual monomer in self-curing denture-base materials. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.62, n.2, p.118-120, Feb. 1983.
 28. FRANGO, M.J.; POLYZOIS, G.L. Effect of microwave polymerization on indentation creep, recovery and hardness of acrylic denture base materials. **Eur. J. Prosthodont. Restor. Dent.**, Larkfield, v.1, n.3, p.111-115, Mar. 1993.
 29. FUJII, K. Fatigue properties of acrylic denture base resins. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v.8, n.2, p.243-259, Dec. 1989.
 30. HILL, R.G. The crosslinking agent ethylene glycol dimetacrylate content of the currently available acrylic denture base resins. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.60, n.3, p.725-726, Mar. 1981.
 31. ILBAY, S.G.; GÜVENER, S.; ALKUMRU, H.N. Processing dentures using a microwave technique. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.21, n.1, p.103-109, Jan. 1994.
 32. INOUE, K. et al. Effect of residual monomer on viscoelastic properties of pour denture base resins. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v.2, n.2, p.192-197, Dec. 1983.

-
-
33. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. Specification 1567: denture base polymers. 2nd ed. Switzerland: ISO, 1998.
34. JAGGER, R.G. Effect of the curing cycle on some properties of a polymethylmethacrylate denture base material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.5, n.2, p.151-157, Apr. 1978.
35. JEROLIMOV, V.; JAGGER, R.G.; MILWARD, P.J. Effect of the curing cycle on acrylic denture base glass transition temperatures. **J. Dent.**, Guildford, v.19, n.4, p.245-248, Aug. 1991.
36. JEROLIMOV, V. et al. Rapid curing of acrylic denture-base materials. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.5, n.1, p.18-22, Jan. 1989.
37. KEDJARUNE, U.; CHAROENWORALUK, N.; KOONTONGKAEW, S. Release of methyl methacrylate from heat-cured and autopolymerized resins: cytotoxicity testing related to residual monomer. **Aust. Dent. J.**, Sydney, v.44, n.1, p.25-30, Mar. 1999.
38. KIMURA, H.; TEKAOKA, F.; SAITO, T. Application of microwave for dental technique. (Part II): adaptability of cured acrylic resins. **J. Osaka. Univ. Dent. Sch.**, Osaka, v.24, p.21-29, Dec. 1984.
39. LAMB, D.J.; ELLIS, B.; PRIESTLEY, D. Loss into water of residual monomer from autopolymerizing dental acrylic resin. **Biomaterials**, Guildford, v.3, n.3, p.155-159, July 1982.

-
-
40. LAMB, D.J.; ELLIS, B.; PRIESTLEY, D. The effects of process variables on levels of residual monomer in autopolymerizing dental acrylic resin. **J. Dent.**, Guildford, v.11, n.1, p.80-88, Mar. 1983.
41. LEE, S.; LAI, Y.; HSU, T. Influence of polymerization conditions on monomer elution and microhardness of autopolimerized polymethyl methacrylate resin. **Eur. J. Oral Sci.**, Cambridge, v.110, n.2, p.179-183, Apr. 2002.
42. LELES, C.R. et al. Bonding strength between a hard chairside reline resin and a denture base material as influenced by surface treatment. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.28, n.12, p.1153-1157, Dec. 2001.
43. LOW, I.M. Effects of load and time on the hardness of a viscoelastic polymer. **Mater. Res. Bull.**, v.33, n.12, p.1753-1758, 1998.
44. McCABE, J.F.; BASKER, R.M. Tissue sensitivity to acrylic resin. A method of measuring the residual monomer content and its clinical application. **Br. Dent. J.**, London, v.140, n.10, p.347-350, May 1976.
45. McCORRIE, J.W.; ANDERSON, J.N. Transverse strength of repairs with self-curing resins. **Br. Dent. J.**, London, v.109, n.1, p.364-366, Nov. 1960.
46. MACHADO, A.L. et al. Effect of a heat-treatment on the linear dimensional change of a hard chair-side reline resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.88, n.6, p.611-615, Dec. 2002.

-
47. MACHADO CUCCI, A.L. et al. Unrestricted linear dimensional changes of two hard chairside reline resins and one heat-curing acrylic resin. **J. Prosthet. Dent.** St Louis, v. 76, n. 4, p. 414-417, Oct. 1996.
48. MACHADO CUCCI, A.L. et al. Resinas para reembasamento imediato: resistência à tração e alongamento. **Rev. Odontol. UNESP**, São Paulo, v.27, n.1, p.299-309, 1998.
49. MACHADO CUCCI, A.L. et al. Water sorption, solubility and transverse bond strength of two autopolymerizing acrylic resins and one heat-polymerizing acrylic resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.80, n.4, p.434-438, Oct. 1998.
50. MACHADO CUCCI, A.L. et al. Tensile bond strength of hard chairside reline resins as influenced by water storage. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.26, n.8, p.631-634, Aug. 1999.
51. MELLO, J.A.N. **Avaliação *in vitro* de propriedades mecânicas e químicas de uma resina autopolimerizável polida quimicamente, submetida a um ciclo de polimerização complementar com energia de microondas ou água quente.** 1999. 91f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 1999.
52. MURPHY, W.M. et al. Rigid cold curing resins for direct use in the oral cavity. **Br. Dent. J.**, London, v.160, n.11, p.391-394, June 1986.

-
53. NEALEY, E.T.; DEL RIO, C.E. Stomatitis venenata: reaction of a patient to acrylic resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.21, n.5, p.480-484, May 1969.
54. NETTO, J.M.; MUENCH, A.; JUNIOR, W.G.M. Influência dos tipos de polimerização na resistência transversal da resina para base de prótese total. **Rev. Pós Grad.**, São Paulo, v.6, n.3, p.245-248, jul./set. 1999.
55. NISHII, M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. **J. Osaka Dental Univ.**, Osaka, v. 2, n.1, p.23- 40, 1968.
56. PRICE, C.A. The effect of cross-linking agents on the impact resistance of a linear poly(methyl methacrylate) denture-base polymer. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.65, n.7, p.987-992, July 1986.
57. ROBINSON, J.G.; McCABE, J.F.; STORER, R. Denture bases: the effects of various treatments on clarity, strength and structure. **J. Dent.**, Guildford, v.15, n.4, p.159-165, Aug. 1987.
58. RUYTER, I.E.; ØYSAED, H. Conversion in denture polymer. **J. Biomed. Mater. Res.**, New York, v.16, n.5, p.741-754, Sept. 1982.
59. RUYTER, I.E.; SVENDSEN, S.A. Flexure properties of denture base polymers. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.43, n.1, p.95-104, Jan. 1980.

-
-
60. SADAMORI, S.; KOTANI, H.; HAMADA, T. The usage period of dentures and their residual monomer contents. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.68, n.2, p.374-376, Aug. 1992.
61. SEKINE, H.; KISHI, M.; MATSUO, E. Development of the no-irritation relining material. **Bull. Tokio Dent. Coll.**, Tokio, v.31, n.1, p.59-61, Feb. 1990.
62. SEÓ, R.S. et al. In vitro toothbrushing abrasion of denture base and reline resins. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.80, n.4, p.1097, Apr. 2001.
63. SEÓ, R.S. et al. Effect of microwave irradiation on the flexure strength of one hard chairside reline resin. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.81, n.4, p.A-170, Mar. 2002.
64. SHIM, J.S.; WATTS, D.C. Residual monomer concentrations in denture-base acrylic resin after an additional, soft-liner, heat-cure cycle. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.15, n.4, p.296-300, July 1999.
65. SMITH, D.C.; BAINS, M.E.D. The detection and estimation of residual monomer in polymethyl methacrylate. **J. Dent. Res.**, Alexandria, v.35, n.1, p.16-25, Feb. 1956.
66. STAFFORD, G.D.; HUGGETT, R. Creep and hardness testing of some denture base polymers. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.39, n.6, p.682-687, June 1978.

-
-
67. STAFFORD, G.D. et al. A review of the properties of some denture polymers. **J. Dent.**, Guildford, v.8, n.4, p.292-306, Dec. 1980.
68. TAKAHASHI, Y.; CHAI, J.; KAWAGUCHI, M. Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture reline materials. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.11, n.1, p.49-54, Jan./Feb. 1998.
69. TAKAHASHI, Y.; CHAI, J.; KAWAGUCHI, M. Equilibrium strengths of denture polymers subjected to long-term water immersion. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.12, n.4, p.348-352, July/Aug.1999.
70. TAKAHASHI, Y.; CHAI, J.; KAWAGUCHI, M. Strength of relined denture base polymers subjected to long term water immersion. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.13, n.3, p.205-258, May/June 2000.
71. TAKAHASHI, Y.; KAWAGUCHI, M.; CHAI, J. Flexural strength at the proportional limit of a denture base material relined with four different denture reline material. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v.10, n.6, p.508-512, Nov./Dec.1997.
72. TSUCHIYA, H. et al. Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methyl metacrylate from acrylic resin denture base materials. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.71, n.6, p.618-624, June 1994.

-
73. VALLITTU, P.K.; MIETTINEN, V.; ALAKUIJALA, P. Residual monomer content and its release into water from denture base materials. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.11, n.6, p.338-342, Nov. 1995.
74. VALLITTU, P.K.; RUYTER, I.E.; BUYKUILMAZ, S. Effect of polymerization temperature and time on the residual monomer content of denture base polymers. **Eur. J. Oral Sci.**, Cambridge, v.106, n.1, p.588-593, Feb. 1998.
75. VALLITTU, P.K. et al. Wetting the repair surface with methyl methacrylate affects the transverse strength of repaired heat-polymerized resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.72, n.6, p.639-643, Dec. 1994.
76. VERGANI, C.E. **Efeito da complementação térmica de polimerização em microondas sobre a resistência flexural e estabilidade dimensional de resinas acrílicas para reembasamento.** 2003. 206f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2003.
77. WEAVER, R.E.; GOEBEL, W.M. Reactions to acrylic resin dental prostheses. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.43, n.2, p.138-142, Feb. 1980.

-
-
78. WOELFEL, J.B. Newer materials and techniques in prosthetic resin materials. **Dent. Clin. North Am.**, Philadelphia, v.15, n.1, p.67-79, Jan. 1971.
79. WOELFEL, J.B. et al. Some physical properties of organic denture base materials. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.67, p.489-504, 1963.
80. YATABE, M. et al. Effect of the reducing agent on the oxygen-inhibited layer of the cross-linked reline material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.28, n.2, p.180-185, Feb. 2001.
81. YUNUS, N.; HARRISON, A.; HUGGETT, R. Effect of microwave irradiation on the flexural strength and residual monomer levels of an acrylic resin repair material. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.21, n.6, p.641-648, Nov. 1994.

9- Apêndice

9.1- Apêndice A

Resultados de resistência à flexão

Tabela 6 – Valores de resistência à flexão (MPa) para a resina K, em função do tipo de tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água (55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas (550W/5min)</i>
CP1	33,86	45,78	37,39
CP2	32,96	49,06	40,82
CP3	30,67	48,56	39,10
CP4	30,91	43,78	36,28
CP5	33,87	45,04	35,23
CP6	33,76	45,71	33,10
CP7	36,22	49,05	35,11
CP8	31,80	46,20	36,07
CP9	31,01	44,06	36,55
CP10	30,14	44,43	35,47

Tabela 7 – Valores de resistência à flexão (MPa) para a resina D, em função do tipo de tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água</i> <i>(55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas</i> <i>(650W/4min)</i>
CP1	23,84	25,81	22,53
CP2	25,47	24,29	24,95
CP3	26,47	27,01	26,80
CP4	26,79	26,98	26,37
CP5	26,22	25,37	28,30
CP6	26,15	27,75	24,80
CP7	27,52	26,83	26,97
CP8	27,11	26,95	26,75
CP9	26,10	27,44	21,90
CP10	25,97	25,07	23,59

Tabela 8 – Valores de resistência à flexão (MPa) para a resina TR, em função do tipo de tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água</i> <i>(55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas</i> <i>(550W/4min)</i>
CP1	57,50	44,52	63,73
CP2	58,21	63,36	65,23
CP3	55,87	61,13	65,83
CP4	58,88	54,23	69,01
CP5	56,70	59,69	64,67
CP6	50,52	51,76	54,80
CP7	47,72	62,89	60,98
CP8	50,00	59,42	63,69
CP9	58,15	57,41	58,40
CP10	58,67	60,07	61,81

Tabela 9 – Valores de resistência à flexão (MPa) para a resina UGH, em função do tipo de tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água</i> <i>(55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas</i> <i>(500W/5min)</i>
CP1	57,78	64,84	66,71
CP2	42,06	72,94	71,66
CP3	52,15	49,89	55,68
CP4	47,30	40,74	57,93
CP5	44,95	64,56	57,45
CP6	53,94	44,84	54,26
CP7	41,23	67,11	60,85
CP8	67,72	44,85	53,55
CP9	61,03	54,67	50,13
CP10	63,86	67,90	53,27

Tabela 10 – Valores de resistência à flexão (MPa) para a resina L, em função do tipo de Tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água</i> <i>(55 °C por 1 h)</i>	<i>Microondas</i> <i>(550W/3min)</i>
CP1	56,60	43,06	65,23
CP2	54,56	56,09	73,89
CP3	58,04	53,36	65,98
CP4	57,87	54,69	63,91
CP5	55,89	49,95	72,05
CP6	46,68	40,65	62,64
CP7	67,68	47,31	62,41
CP8	58,16	53,69	75,41
CP9	57,17	52,70	64,12
CP10	62,36	61,10	68,35

9.2-Apêndice B

Resultados de dureza Vickers

Tabela 11 – Valores de dureza (VHN) para a resina K, em função do tipo de Tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água (55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas (550W/5min)</i>
CP1	2,13	1,93	2,77
CP2	1,46	2,70	3,6
CP3	2,92	2,47	2,84
CP4	1,45	2,16	1,39
CP5	1,96	3,38	2,84
CP6	1,85	2,59	2,30
CP7	1,58	2,92	3,94
CP8	2,68	3,93	2,16
CP9	1,21	4,05	3,18
CP10	3,08	3,52	2,63

Tabela 12 – Valores de dureza (VHN) para a resina D, em função do tipo de Tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água</i> <i>(55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas</i> <i>(650W/4min)</i>
CP1	1,59	2,46	1,99
CP2	1,92	3,16	3,14
CP3	3,30	2,48	2,16
CP4	2,78	2,22	2,96
CP5	2,71	2,15	3,35
CP6	2,39	2,83	2,20
CP7	2,43	2,92	2,23
CP8	2,55	3,59	3,59
CP9	2,03	3,03	2,62
CP10	1,36	2,67	3,48

Tabela 13 – Valores de dureza (VHN) para a resina TR, em função do tipo de Tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água</i> <i>(55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas</i> <i>(550W/4min)</i>
CP1	6,11	6,93	7,09
CP2	5,29	6,13	7,23
CP3	5,36	6,67	6,78
CP4	5,77	6,42	6,68
CP5	5,32	6,53	6,45
CP6	5,52	6,79	6,43
CP7	5,92	7,63	7,19
CP8	5,64	6,84	7,05
CP9	6,04	6,69	7,88
CP10	6,26	6,77	6,70

Tabela 14 – Valores de dureza (VHN) para a resina UGH, em função do tipo de Tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água (55 °C por 10 min)</i>	<i>Microondas (500W/5min)</i>
CP1	15,91	23,06	19,16
CP2	16,77	23,48	18,06
CP3	15,58	29,22	19,91
CP4	17,15	22,98	16,92
CP5	19,07	15,79	18,41
CP6	22,26	13,66	19,63
CP7	17,68	14,25	15,22
CP8	25,55	13,21	14,14
CP9	12,83	12,83	12,79
CP10	16,67	7,72	12,38

Tabela 15 – Valores de dureza (VHN) para a resina L, em função do tipo de Tratamento.

<i>Corpo-de-prova</i>	<i>Controle</i>	<i>Banho em água (55 °C por 1 h)</i>	<i>Microondas (550W/3min)</i>
CP1	13,29	15,35	15,94
CP2	14,81	14,44	15,50
CP3	14,96	15,62	15,88
CP4	14,40	14,37	14,48
CP5	15,37	14,53	15,41
CP6	14,97	14,24	15,71
CP7	14,92	14,70	15,56
CP8	15,90	14,52	15,86
CP9	16,25	15,10	15,62
CP10	15,33	15,25	16,62

SEO, R.S. *Efeito da complementação térmica de polimerização sobre a resistência flexural e da dureza de resinas acrílicas para reembasamento*. Araraquara, 2003. 177p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Campus de Araraquara, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

Resumo

O procedimento de reembasamento da prótese é normalmente utilizado para restabelecer a adaptação entre a prótese e o tecido bucal. As resinas autopolimerizáveis são um dos materiais indicados para o reembasamento. No entanto, tem sido demonstrado que, após a polimerização das resinas autopolimerizáveis, nem todo o monômero é convertido em polímero e esse monômero residual pode afetar as propriedades mecânicas desses materiais. Estudos têm sugerido que o conteúdo de monômero residual pode ser reduzido pela irradiação em microondas ou tratamento em banho de água. Esse estudo avaliou o efeito dos tratamentos térmicos sobre a resistência à flexão e dureza Vickers de quatro resinas autopolimerizáveis para reembasamento (Duraliner II – D, Kooliner-K, Tokuso Rebase Fast - TR e Ufi Gel Hard - UGH) e uma resina termopolimerizável (Lucitone 550 - L). Para cada material, trinta corpos-de-prova foram confeccionados e igualmente

divididos em três grupos. No grupo controle, os corpos-de-prova foram submetidos ao teste de resistência à flexão imediatamente após sua polimerização. Previamente ao teste, os grupos 2 e 3 foram submetidos ao tratamentos complementares em banho de água e irradiação por microondas, respectivamente. Os corpos-de-prova do material para base de prótese foram armazenados em água por 48 horas a $37^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ previamente ao teste. As medidas de força foram realizadas em máquina de ensaio universal MTS 810 com uma velocidade de 5 mm/min, utilizando o teste em três pontos a uma distância de 50 mm entre os apoios. Em seguida, um dos fragmentos do corpo-de-prova foi submetido ao teste de dureza Vickers. Os valores de dureza foram determinados utilizando-se uma carga de 25 gf (resinas K, TR, L e UGH) e 10 gf para a resina D, após 30 segundos de contato. Doze mensurações de dureza foram realizadas em cada corpo-de-prova e a média foi então calculada. O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis foi utilizado para determinar a significância estatística ($p < 0,01$). Os resultados evidenciaram que: comparado com os grupos controle, a resistência à flexão das resinas TR e L aumentou significativamente ($p < 0,01$) após a irradiação por microondas. Para o material K, o tratamento térmico em banho de água promoveu um aumento significativo na resistência à flexão. No entanto, a resistência flexural dos corpos-de-prova da resina L, submetidos ao banho de água, foi significativamente menor que os do grupo controle. Este estudo demonstrou que a dureza Vickers não variou

consideravelmente ($p>0,01$) após tratamento térmico quando comparados aos grupos controle, com exceção da resina Kooliner, que demonstrou um aumento na dureza.

Palavras-chave: Resinas acrílicas; dureza; microondas; resistência à flexão.