



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Odontologia de Araraquara

Márcio José Mendonça

*Efeito de diferentes tratamentos térmicos
sobre a resistência à abrasão por escovação
de resinas utilizadas para reembasamento
de próteses removíveis*

Araraquara
2003



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Faculdade de Odontologia de Araraquara

Márcio José Mendonça

*Efeito de diferentes tratamentos térmicos
sobre a resistência à abrasão por escovação
de resinas utilizadas para reembasamento
de próteses removíveis*

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

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Ana Lúcia Machado

Araraquara
2003

Mendonça, Márcio José

Efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre a resistência à abrasão por escovação de resinas utilizadas para reembasamento de próteses removíveis / Márcio José Mendonça. – Araraquara : [s.n.], 2003.

194 f. ; 30 cm.

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

Orientador: Profa. Dra. Ana Lúcia Machado

1. Escovação dentária 2. Tratamento térmico 3. Resina acrílica 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

*D*edico

este trabalho ao seu maior responsável, *Deus*, que

esteve comigo sempre e sempre. Se alguma vez suspeitei que Ele me havia abandonado, percebi, mais tarde, que nestes momentos difíceis Ele me carregava em seu colo.

Deus seja louvado!

Dedico

este trabalho ao meu querido e saudoso avô, *João Leandro Neto*, que

com grande amor conduziu meus passos para que eu aqui chegasse. Hoje, mesmo que não mais entre nós, faz ainda que sua alegria e estilo de vida inconfundíveis sejam exemplos a serem seguidos.

Com eternas saudades...

*D*edico

este trabalho à minha *querida mãe*, que sozinha educou-

me e trabalhou incansavelmente para que este dia chegasse.

Meus eternos agradecimentos!

*D*edico

este trabalho à minha amada *Janaina*, sempre presente nesta

caminhada, iluminando-a com seu amor e compreensão, condições fundamentais para sua conclusão.

Te amo!

Agradecimento Especial

À *Profa. Dra. Ana Lucia Machado*, que iniciou-me

na carreira científica, não só conduzindo-me com amor e respeito, como também ensinando uma lição que permanecerá para sempre:

“Agradecer a Deus, por sempre me dar a
possibilidade de ser feliz”

Agradecimentos:

Aos meus *familiares* que acreditaram no meu potencial, e de alguma forma, me auxiliaram nesta caminhada;

Ao meu irmão *Abadio* que permitiu, mesmo sem entender seu significado, que este trabalho fosse realizado;

À minha sogra *Maria Aroca*, que sempre me acolheu em sua casa com a alegria de uma mãe;

Aos docentes da disciplina de Prótese Parcial Removível: *Profa. Eunice, Profa. Ana Cláudia e Prof. Carlos Vergani*, que sempre me acolheram com carinho, sempre solícitos no desenvolver deste trabalho;

À amiga *Débora de Barros Barbosa*, pela compreensão nestes anos, por ter me auxiliado sempre de forma incondicional, presenteando-me, nos momentos difíceis, com palavras divinas;

À *Profa. Dra. Ligia Antunes Pereira Pinelli* e seu marido, *Dr. Flavio Pinelli*, que sempre me auxiliaram e me estimularam no caminho da pesquisa científica;

À *Profa. Dra. Regina Helena Barbosa Tavares da Silva*, que sempre me acolheu com um amor maternal e estimulou-me neste caminhada;

Aos *docentes* do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese desta Faculdade, pelos ensinamentos transmitidos nestes anos;

Aos meus amigos do curso de Mestrado (*Rafa, Sicknan, Max, Weber, André, Fabiano, Marcio, Eduardo, José Fernando, Rosângela, Vanessa, Nara, Renata, Biba, Jana, Susana, Roberta, Sabrina e Karin*) com os quais tive grande prazer em dividir estes anos da minha vida;

Aos *funcionários* do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese desta Faculdade que, extremamente solícitos, me auxiliaram nestes anos, e tornaram o convívio na Faculdade muito agradável;

Aos amigos do 6º andar, *Conceição, Pedro, Belinha, Inês* (“*in memorian*”), *Película, Luiz e Maria* que sempre me receberam com muita alegria;

Aos *funcionários da seção Pós-Graduação* desta Faculdade que sempre atenderam minhas solicitações com grande presteza e carinho;

Aos *funcionários da Biblioteca* desta Faculdade que sempre muito gentis e ótimos companheiros, tornaram o convívio na biblioteca muito agradável;

Aos funcionários do Xerox *Marcos e Wellington* desta Faculdade que sempre atenderam-me com muita alegria;

Ao *Sr. Sebastião*, do Instituto de Química – UNESP, pela realização da microscopia eletrônica de varredura;

Ao ex-funcionário do Departamento de Odontologia Restauradora, *Sr. Cláudio*, que me auxiliou com grande presteza na etapa de leitura da rugosidade superficial;

Ao Prof. Dr. Ricardo Samih Georges Abi Rached, diretor e *Prof. Dr. Roberto Miranda Esberard*, vice diretor da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP;

A todos aqueles que, embora não estejam aqui citados, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse realizado;

os meus sinceros agradecimentos.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	Abrasão e rugosidade superficial.....	20
2.2	Monômero residual e tratamentos térmicos.....	51
3.	PROPOSIÇÃO.....	75
4.	MATERIAL E MÉTODO.....	77
5.	RESULTADO.....	100
5.1	Perda de Massa.....	101
5.2	Rugosidade Superficial.....	110
5.3	Microscopia eletrônica de varredura.....	128
6.	DISCUSSÃO.....	132
7.	CONCLUSÃO.....	155
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	158
9.	RESUMO.....	169
10.	ABSTRACT.....	171
11.	APÊNDICE.....	173

Introdução

Em função da reabsorção contínua do osso alveolar, as bases das próteses removíveis devem ser periodicamente readaptadas. Essa readaptação pode ser obtida por meio do reembasamento do tipo mediato no qual a base da prótese é utilizada como moldeira e uma nova moldagem funcional do rebordo residual é realizada. Nesse tipo de reembasamento, a prótese deve ser incluída em mufla para posterior prensagem da resina acrílica. Esses procedimentos podem alterar os contatos oclusais existentes assim como causar distorções na estrutura metálica, nos casos de próteses parciais removíveis. Além disso, durante o período necessário para a realização das fases laboratoriais, o paciente precisa ficar sem sua prótese. A readaptação das bases diretamente na cavidade oral, denominado reembasamento do tipo imediato, eliminaria essas desvantagens. Para isso, foram desenvolvidas algumas resinas acrílicas autopolimerizáveis, indicadas pelos seus fabricantes como materiais reembasadores imediatos. Em virtude da aceitação dessas resinas pelos profissionais, foram iniciados alguns estudos com o objetivo de avaliar aspectos considerados fundamentais para um correto desempenho clínico, entre eles a estabilidade dimensional^{13, 35}, a absorção de água e a solubilidade¹⁵, a resistência à tração e o alongamento¹⁴, a dureza⁶, a resistência de união com as resinas utilizadas na confecção das bases^{15, 33, 34}, e os possíveis efeitos da desinfecção por imersão em soluções desinfetantes⁷.

Além dessas propriedades, outro aspecto importante a ser considerado é a resistência ao desgaste. O método mais comumente empregado para a higienização das próteses é a escovação associada à utilização de dentífrícios. Esse método apresenta ação abrasiva, podendo resultar em um desgaste das bases das próteses que, dependendo de sua magnitude, poderá alterar a adaptação entre essas bases e os tecidos que revestem o rebordo residual. Além disso, a superfície desgastada poderá apresentar-se irregular, facilitando o

acúmulo de placa bacteriana e dificultando a higienização⁴⁷. Segundo Verran & Maryan⁵⁵, a adesão de microrganismos a uma determinada superfície constitui um pré-requisito para a sua colonização. Assim, considerando-se que as resinas autopolimerizáveis, utilizadas para a realização do reembasamento do tipo imediato irão constituir a parte interna das bases das próteses, sua resistência ao desgaste deveria ser igual àquela apresentada pelos materiais empregados na confecção dessas bases, com o objetivo de manter a adaptação obtida e de proporcionar condições favoráveis à higienização. Nenhuma informação, no entanto, pôde ser obtida na literatura com relação a esse aspecto.

Para avaliar os possíveis efeitos da escovação, tanto sobre as estruturas dentais como sobre os diversos materiais utilizados nos tratamentos odontológicos, vários estudos laboratoriais têm sido realizados. Nesses estudos, máquinas de escovação têm sido utilizadas para simular as condições clínicas^{21, 24, 28, 29, 40, 56}. Essas máquinas permitem a fixação de escovas dentais que realizam ciclos de escovação de tal modo que as pontas das cerdas atuem sobre os corpos-de-prova, mantidos imersos em soluções preparadas com os diversos agentes abrasivos testados. Para verificar a abrasão ocorrida durante os testes, os autores têm utilizado tanto a análise das alterações de massa dos corpos-de-prova^{29, 40, 50, 56, 60} como as alterações nas características superficiais das amostras analisadas, como rugosidade e perda de brilho^{4, 56, 60}. Haselden et al.²⁴ avaliaram a resistência ao desgaste por escovação de três resinas, sendo uma fotopolimerizável, uma termopolimerizável e uma autoativada. Os resultados evidenciaram que a resina termopolimerizável apresentou maior resistência que a autoativada e, segundo os autores, essa diferença estaria relacionada ao maior grau de conversão das resinas ativadas pelo calor quando comparadas às polimerizadas quimicamente. O grau de conversão influi no conteúdo de monômero residual das resinas polimerizadas. Estudos têm evidenciado que a quantidade de monômero

residual depende do tempo, da temperatura e do método de processamento utilizados^{5, 8, 18, 27}, sendo maior nas resinas autopolimerizáveis^{38, 61} que nas termoativadas^{8, 49, 58}, e pequena nas resinas polimerizadas por microondas^{16, 30, 53}. A presença desse monômero residual pode alterar as propriedades das resinas devido à sua ação plastificante, aumentando o escoamento do material⁴⁹, podendo, ainda, alterar os valores de resistência transversa e de dureza² e diminuir o limite de fadiga²⁰. Tendo em vista que a combinação dessas propriedades pode definir a resistência do material ao desgaste, a utilização de métodos que proporcionem a redução do conteúdo de monômero residual poderia contribuir para a melhoria do desempenho clínico das resinas acrílicas. Estudos têm evidenciado que a imersão em água aquecida pode reduzir a quantidade desse monômero em resinas para base de próteses^{31, 43, 48, 53}. Provavelmente, essa redução ocorre como resultado tanto da liberação do monômero residual como da indução térmica de reação de polimerização complementar. Um outro método a ser considerado seria a utilização da energia de microondas, tendo em vista que esse tipo de energia tem sido indicado para a polimerização de resinas acrílicas e, mais recentemente, para a desinfecção de próteses^{16, 17, 41, 44, 59}.

Segundo De Clerk¹⁶, essas ondas eletromagnéticas promovem o aquecimento imediato causado pelas vibrações das moléculas do metilmetacrilato que, sendo capazes de se orientar no campo eletromagnético das microondas a uma frequência de 2.450 MHz, alteram sua direção aproximadamente 5 bilhões de vezes por segundo. Conseqüentemente, numerosas colisões intermoleculares ocorrem e podem causar um rápido aquecimento, resultando na polimerização da resina. Assim, com base nos estudos citados podemos considerar a possibilidade da utilização de tratamentos térmicos, com o objetivo de reduzir a quantidade de monômero residual após a polimerização e, conseqüentemente, influir favoravelmente na resistência ao desgaste das resinas indicadas

para o reembasamento do tipo imediato. Em um estudo preliminar⁴⁵, diferenças foram observadas na resistência ao desgaste por escovação entre uma resina para base de prótese e dois materiais reembasadores. Entretanto, apesar desse estudo ter contribuído para a definição de uma metodologia adequada ao objetivo proposto, esses materiais não foram submetidos a nenhum tipo de tratamento térmico. Além disso, apesar desses reembasadores serem genericamente classificados como resinas acrílicas autopolimerizáveis, novos materiais têm sido continuamente desenvolvidos, apresentando diferenças consideráveis nas suas composições³. Esses aspectos indicam a necessidade de novos estudos e, dessa forma, consideramos importante avaliar a resistência à abrasão por escovação de resinas para reembasamento imediato, bem como o efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre essa propriedade.

Revisão de Literatura

O capítulo “Revisão da literatura” apresentará os trabalhos revistos divididos em dois grupos: aqueles relacionados à abrasão e rugosidade superficial e aqueles referentes ao conteúdo de monômero residual e aos tratamentos realizados após a polimerização das resinas acrílicas.

Abrasão e rugosidade superficial

Em 1951, Sexson & Phillips⁴⁷, realizaram um estudo para observar os efeitos de alguns agentes de limpeza sobre uma resina acrílica termopolimerizável. Para se determinar a quantidade de resina removida, os corpos-de-prova foram dessecados, antes e após os testes, até atingirem massa considerada constante. A máquina utilizada para os testes de escovação possuía capacidade para 6 escovas dentais, com cerdas de nylon, que atuavam sobre 6 corpos-de-prova, simultaneamente. Os ensaios foram realizados utilizando-se soluções preparadas com dentifrício e água, a força aplicada foi de 240 gramas e o número de ciclos de escovação realizado foi de 20.000, o que equivaleria a, aproximadamente, 2 anos de escovação. Os dois agentes de limpeza à base de cloro, avaliados associando-se imersão e escovação, produziram as maiores perdas de massa (0,439 grama e 0,393 grama), sendo estas maiores que o dobro da média mais alta de perda de massa, observada com um dos dentifrícios testados na forma de pó (0,174 grama). A avaliação por meio de microscopia das superfícies escovadas revelou maior rugosidade nos corpos-de-prova testados com os agentes mais abrasivos. A perda de superfície dos corpos-de-prova, avaliada com microscópio metalográfico, após os testes de escovação com os agentes à base de cloro, foi de 1/3 de mm, tendo sido considerada clinicamente significativa.

Por outro lado, os autores consideraram que a perda causada pelos dentifrícios em forma de pasta (0,057 mm) não seria suficiente para afetar a adaptação da base da prótese e que, provavelmente, os tecidos de suporte compensariam uma discrepância dessa magnitude.

Grabenstetter et al. ²¹, 1958, realizaram um estudo para verificar a abrasão causada por dentifrícios em dentes humanos, recém extraídos, expostos a nêutrons, com o objetivo de torná-los radioativos. Para o ensaio de escovação foi utilizada uma máquina adaptada, na qual foram acopladas escovas dentais com cerdas de nylon retas e de consistência média. Os corpos de prova foram submetidos a uma força com massa 150 gramas permanecendo, durante os testes, imersos em solução contendo o abrasivo testado em agitação para garantir uma adequada mistura. A abrasão era comparada em termos de proporção de abrasão, na qual era obtida a relação entre a abrasividade do dentifrício avaliado e a do dentifrício padrão utilizado imediatamente após o primeiro, com o objetivo de minimizar as variações progressivas no tamanho e na forma da superfície dental escovada. A quantidade de estrutura dental desgastada era, obtida por meio da radioatividade das amostras secas, após 100 ciclos de escovação. Os autores concluíram que a utilização de dentes radioativos, para comparar a abrasividade, é um método mais preciso do que aquele no qual o parâmetro de comparação empregado é a profundidade dos sulcos formados, tendo em vista que, neste último, são necessários de 5.000 a 15.000 ciclos de escovação, enquanto que no primeiro método apenas 2.000 ciclos podem ser realizados.

Um estudo comparativo entre escovação manual e elétrica, no qual os testes foram realizados por 22 adultos, foi desenvolvido por Phaneuf et al. ⁴⁰, em 1962. A força aplicada durante os dois tipos de escovação foi mensurada, diretamente, por meio de sensores posicionados nas escovas. Para a escovação manual, a força média obtida foi de aproximadamente 318 gramas, e para a escovação elétrica foi de 106 gramas. Os autores

também avaliaram *in vitro*, os efeitos abrasivos dos dois tipos de escovação. Nos ensaios de escovação manual, com base nos resultados do estudo clínico, a força selecionada foi de 200 gramas enquanto a escovação elétrica foi realizada aplicando-se uma força de 100 gramas. A magnitude da abrasão foi determinada por meio de uma técnica de peso úmido com corpos-de-prova estabilizados pela imersão em água. A solução utilizada para imersão dos corpos-de-prova durante os ensaios possuía uma relação em massa de 1:2 de dentifício/água. Os autores concluíram que a escovação automática mostrou-se 70 a 80 % menos abrasiva em dentina do que a escovação manual. Os resultados obtidos variaram de acordo com a força utilizada durante a escovação. Os autores observaram também que ao se aumentar o comprimento dos ciclos para 1/4 de polegada, a abrasão foi aumentada, enquanto a diminuição do comprimento para 1/8 polegada reduziu a abrasão. A utilização da velocidade de 1.000 ciclos por minuto reduziu a perda de massa por abrasão em, aproximadamente, 50%, comparada àquela observada quando se utilizou a velocidade de 2.000 ciclos por minuto. Além disso, os autores verificaram uma abrasão muito pequena quando uma solução de água destilada sem dentifício foi utilizada, tanto para a escovação manual como para a elétrica.

Vieira & Phillips ⁵⁶, em 1962, investigaram algumas variáveis que poderiam influir na abrasão por escovação de resinas utilizadas na confecção de coroas “veneer”. Duas resinas, polimerizadas por meio de três diferentes ciclos, foram avaliadas variando-se também a escova dental (dura ou macia) e os agentes de limpeza (água destilada somente – controle; solução preparada com carbonato de cálcio extra-denso e água destilada; solução preparada com um pó abrasivo comercial e água destilada; e solução preparada com um dentifício comercial e água destilada). Os métodos utilizados para se avaliar a resistência à abrasão foram: por fotografias, perda de massa e alteração no

brilho dos corpos-de-prova. Os resultados demonstraram que, quanto maior a temperatura de polimerização utilizada, maior a dureza e a resistência à abrasão. A escovação produziu perda de massa em todos os corpos-de-prova e o grau de abrasão foi dependente de vários fatores: 1) a perda de massa e alteração no brilho foram inversamente proporcionais à temperatura e polimerização; 2) de um modo geral, quanto mais dura a cerda da escova, maior a perda de massa, quando o dentifrício ou o carbonato de cálcio foram utilizados como agentes abrasivos; 3) em relação à perda de massa, a ordem de abrasividade dos agentes avaliados foi: água, dentifrício comercial, carbonato de cálcio e pó comercial; 4) a perda de brilho na superfície foi maior quando a escova dura foi utilizada em associação com o agente abrasivo carbonato de cálcio, mas não com o dentifrício; 5) a água foi apenas ligeiramente abrasiva, e embora tenha produzido alguma perda de massa, atuou como agente de polimento e, assim, aumentou o brilho superficial.

Considerando a escassez de informações disponíveis sobre os dentifrícios comerciais, na década de 60, Stookey & Muhler ⁵⁰, em 1968, realizaram um estudo para avaliar 43 dentifrícios, analisando a abrasão em dentina e esmalte através da perda de massa. Para isso, utilizaram dentes humanos extraídos irradiados. Os ensaios de escovação para avaliar a abrasão foram realizados utilizando-se uma máquina na qual foram acopladas escovas dentais com cerdas de nylon de consistência média. Sobre cada corpo-de-prova foi aplicada uma pressão de 150 gramas, tendo sido realizados 1.000 ciclos de escovação para a dentina e 3.000 ciclos para o esmalte. Com o objetivo de se avaliar a influência da força aplicada e do número de ciclos de escovação sobre a abrasão nos corpos-de-prova, foram realizados ensaios alterando-se os valores de pressão, de 75 a 300 gramas, e os ciclos de escovação, de 500 a 10.000. O aumento dos valores de pressão resultou em correspondente aumento da abrasividade tanto em esmalte como em dentina, e os resultados obtidos não

apresentaram tendência à estabilização. Quando o número de ciclos de escovação foi alterado, pode-se perceber que o aumento deste correspondeu a um aumento aproximadamente linear da abrasão em esmalte dos corpos-de-prova até 4.000 ciclos de escovação. A análise dos resultados de perda de massa demonstrou grande variação entre as diferentes marcas comerciais, entre 8,3 a 95,2 mg e de 6,3 a 105,2 mg de perda de massa para as amostras de dentes humanos e bovinos, respectivamente. Os autores também verificaram diferenças entre os valores de desgaste proporcionados por diferentes lotes de uma mesma marca comercial de dentifrício.

Um método para mensurar a abrasividade de dentifrícios em dentina foi desenvolvido por Cordon ¹², em 1971. Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se cortes transversais de raízes de dentes humanos, incluídos, dois a dois, em blocos de resina, para permitir sua fixação na máquina de escovação. Para os ensaios de abrasão, foram acopladas à máquina 8 escovas dentais. Sobre cada corpo-de-prova foi exercida uma força com massa de 220 gramas e a velocidade da máquina foi ajustada para realizar 100 ciclos por minuto. Em cada recipiente que continha os corpos-de-prova foi adicionada uma solução padrão de 2,5 gramas de fosfato de hidrogênio de cálcio anidro em 12,5 gramas de carboximetilcelulose a 2%. A seguir, as amostras foram submetidas aos ensaios de escovação com 1.000 ciclos duplos e, então, foram lavados, secos e examinados visualmente e com um aparelho próprio para análise do perfil da superfície, projetados em uma folha de papel com um aumento de 70 vezes. Os cortes de dentina, previamente escovados, eram, então, submetidos a 500 ciclos recíprocos de escovação, imersos nos dentifrícios avaliados, preparados na forma de solução com carboximetilcelulose a 2 %. O perfil das regiões escovadas, durante os testes dos diferentes dentifrícios, foi registrado na mesma folha de papel que continha o traçado inicial, de tal forma que o perfil de cada

corpo-de-prova pudesse ser comparado, antes e após os ciclos de escovação. A folha de registro dos traçados do perfil dos corpos-de-prova era, então, duplicada, a região central era delimitada e a abrasão causada pelos diferentes dentifrícios era recortada. Os cortes correspondentes aos pares de amostras de dentina, submetidos às mesmas condições experimentais, eram pesados, simultaneamente, numa balança analítica. Os resultados obtidos demonstraram que o método, descrito neste estudo, foi tão preciso quanto aquele que utiliza dentina irradiada com nêutrons. Os dentifrícios mostraram a seguinte ordem decrescente de abrasividade: Plus White, MacLeans, Ultra Brite, Colgate Dental Cream com MFP, Gleem, Crest e Pepsodent.

Em 1972, Ashmore et al. ⁴, descreveram um método para a mensuração *in vitro* da abrasão de dentina causada por dentifrícios. Foram utilizados dentes humanos íntegros, fixados em blocos de resina. Foi utilizada uma máquina de escovação, com capacidade para acoplar somente uma escova, que possuía um compartimento para a colocação da solução de água e dentifrício, no qual os corpos-de-prova eram posicionados durante os ensaios de abrasão. As escovas dentais foram adaptadas a um dispositivo que assegurava a agitação da solução evitando sua sedimentação. Os testes foram realizados nas seguintes condições: força com massa de 75 gramas aplicada sobre as escovas, 100 ciclos de escovação por minuto e comprimento dos ciclos de 16 mm. Após os testes de escovação, os corpos-de-prova eram lavados e secos com um lenço de papel, e a seguir, colocados num dispositivo que possibilitava a padronização do posicionamento dos corpos-de-prova no aparelho utilizado para o traçado do perfil da superfície, antes e após os testes experimentais. Os ensaios foram realizados com carbonato de cálcio, que é freqüentemente utilizado como agente abrasivo nos dentifrícios. Utilizando-se as condições descritas, a influência do tipo de carbonato de cálcio na abrasividade em dentina, também, foi avaliada.

Os resultados demonstraram que a técnica é sensível para detectar diferenças na abrasividade e também sugerem que a seleção do tipo de carbonato de cálcio utilizado pode resultar em consideráveis alterações na abrasividade do dentifrício. Os autores avaliaram, ainda, se o efeito abrasivo dos dentifrícios poderia ser influenciado pelo tipo de agente utilizado para sua diluição. Três dentifrícios com diferentes tipos de carbonato de cálcio foram preparados utilizando-se água ou solução aquosa de carboximetilcelulose de sódio a 0,5 % (saliva artificial) e os resultados indicaram que a seleção do diluente não influenciou nos resultados obtidos. Segundo os autores, dentre os métodos disponíveis para a avaliação do desgaste de dentina causado pela escovação, somente a técnica de traçado do perfil das superfícies indica, com detalhes, as alterações na configuração da superfície dental e também mede o desgaste ocorrido. Os experimentos realizados evidenciaram a influência de diferentes agentes de polimento na abrasividade dos dentifrícios, tendo sido observado que aqueles à base de carbonato de cálcio apresentaram abrasividade que variou desde muito baixa até relativamente alta, quando comparados com outros dentifrícios com formulações diferentes, dependendo da forma cristalina e do tamanho das partículas de carbonato de cálcio incorporadas.

No mesmo ano, Wictorin ⁶⁰ realizou um estudo para verificar a abrasividade de dentifrícios e escovas dentais. Na primeira parte, os testes foram realizados utilizando-se oito marcas comerciais de dentifrícios e sempre o mesmo tipo de escova dental. Os dentifrícios continham como agente abrasivo o carbonato de cálcio em cinco das marcas comerciais avaliadas, enquanto que o bicarbonato de sódio, fosfato de cálcio dihidratado e polimetilmetacrilato foram os agentes utilizados nos outros três dentifrícios. Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se resina acrílica termopolimerizável, indicada para a confecção de coroas e próteses fixas. Na segunda parte do estudo, os

ensaios foram realizados com sete escovas dentais de marcas diferentes, com cerdas de diferentes materiais, naturais e sintéticos e sempre o mesmo dentifrício contendo carbonato de cálcio como agente abrasivo. A máquina de escovação utilizada permitia acoplar 3 escovas dentais e, sobre os corpos-de-prova que permaneciam imersos numa mistura de 1:1 (água destilada/dentifrício), era aplicado uma massa de 450 gramas. Para avaliar a abrasividade foram utilizados três métodos: diferença de massa, registro das irregularidades das superfícies e microscopia eletrônica. Ao se utilizar o primeiro método os corpos-de-prova foram pesados antes e após os testes de abrasão, utilizando-se uma balança digital analítica. Antes de serem pesadas, as amostras eram secas por uma hora a temperatura ambiente (20⁰ C) de modo a reduzir os efeitos da evaporação da água do polimetilmetacrilato. Para o registro das irregularidades de superfície, foi utilizado um rugosímetro, avaliando-se a área central de cada corpo-de-prova, tendo sido os valores obtidos expressos em Ra. O último método de avaliação utilizado foi a microscopia eletrônica, no qual se analisou a área central dos corpos-de-prova. Após a análise dos resultados, a abrasividade foi classificada em alta, média e baixa. Três dentifrícios, classificados como abrasividade alta, proporcionaram valores de perda de massa de 0,0077, 0,0084 e de 0,0091 grama, respectivamente. A abrasividade foi considerada média. Não foi encontrada correlação entre tamanho das partículas ou da porcentagem de agente abrasivo e a abrasividade dos dentifrícios. As fotografias da microscopia eletrônica demonstraram diferenças somente entre o dentifrício contendo polimetilmetacrilato e os demais, que resultaram em rugosidade após a escovação. O efeito abrasivo das escovas dentais foi classificado também em alto, médio e baixo, e as diferenças entre esses grupos foram significantes, indicando uma variação muito ampla na qualidade abrasiva das escovas dentais. As diferenças entre escovas com cerdas duras e macias de nylon foram altamente

significantes, tendo sido as escovas duras mais abrasivas, enquanto que as diferenças entre as escovas de cerdas naturais não foram tão pronunciadas. Segundo o autor, o método da perda de massa representaria os valores de perda real de material, embora alguns erros poderiam ocorrer devido às propriedades de sorção de água do próprio material utilizado (polimetilmetacrilato). Dessa forma, os autores consideraram importante ter sido estabelecida uma correlação entre o método de pesagem e os valores de Ra (coeficiente de correlação de 0,91, numa série de 21 corpos-de-prova testados), confirmando a confiabilidade dos métodos utilizados.

Buscando explicar melhor os fatores que afetam a abrasão produzida por dentifrícios em superfícies de dentina, Manly et al. ³⁷, em 1974, realizaram um estudo no qual foram utilizadas cinco escovas dentais de marcas diferentes (A - Broxodent – consistência média, B - Colgate, C – Oral B-60, D – Ronson, E- Proxodent dura) as quais tiveram seus tufo removidos, exceto os dois tufo centrais. Os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se discos de dentina humana e a máquina utilizada para os testes possuía 2 motores, que proporcionavam velocidades diferentes. Sobre cada tufo foi posicionado uma massa de 15 gramas e os ensaios de escovação foram realizados utilizando-se uma solução de dentifrício e carboximetil celulose de sódio a 2% em água, na proporção de 1:1. Os autores utilizaram o método de irradiação de dentina através de nêutrons, para quantificar a abrasão ocorrida durante os ensaios. Na segunda parte do estudo, foram selecionadas as escovas dentais A e C, por terem demonstrado menor variância, e também a escova E, Broxodent, porém de consistência dura. As escovas dentais foram testadas com um ou dois tufo e com aplicação de força com massa de 10 ou 15 gramas por tufo. Os dentifrícios avaliados (Crest e Pepsodent) foram utilizados em concentração de 50 e 80%. Os autores verificaram que as maiores diferenças foram

observadas entre as escovas dentais. As escovas B e D causaram maior abrasão e demonstraram maior variância que as escovas A e C. A força aplicada sobre os corpos-de-prova durante a escovação, também proporcionou resultados significantes, assim como uma interação significativa com a marca da escova dental utilizada. Houve pequena diferença entre os dentifrícios quando a concentração de 80% foi utilizada. Entretanto, uma diferença significativa foi observada entre os dentifrícios quando testados na concentração de 50%, na qual o desgaste causado pelo dentifrício A foi duas vezes maior que o observado com o dentifrício B. A análise dos dados demonstrou, ainda, uma interação entre a dureza das cerdas da escova e o dentifrício utilizado, tendo sido observado maior desgaste com a associação do dentifrício A e com a escova E (de cerdas duras).

Harte & Manly ²², em 1975, realizaram um estudo para verificar a influência de diferentes marcas de escovas dentais, dureza das cerdas, e concentração abrasiva de quatro dentifrícios na abrasão da dentina humana. Os abrasivos selecionados foram: fosfato de cálcio dihidratado, sílica marca Syloid, hidróxido de alumínio e fosfato anidro de cálcio. Foram testadas duas marcas diferentes de escovas dentais tendo sido utilizadas cerdas duras (A e C) e médias (B e D), respectivamente, para cada marca. Os tufo de cerdas foram removidos, permanecendo apenas um e, a seguir, as escovas foram acopladas numa máquina de escovação. Os abrasivos foram testados em concentrações de 20 e 40% em massa, numa mistura de 1:1 de abrasivo e solução aquosa de carboximetil celulose a 2% e glicerina. Os corpos-de-prova foram confeccionados com discos de dentina humana. Sobre cada escova, foi posicionado uma massa de 10 gramas, e o tempo de escovação foi de 30 segundos, utilizando-se 0,1 mL de solução abrasiva. Foi verificada uma interação significativa entre o abrasivo e a escova, indicando que a escova e a dureza das cerdas e a concentração de abrasivo são fatores importantes no desgaste da dentina humana,

causada por dentifrícios, e que o grau de influência depende do abrasivo utilizado. As duas escovas de cerdas duras proporcionaram valores de abrasão semelhantes e mais altos, enquanto para as de cerdas médias os valores foram diferentes entre si e menores. Foi verificada, ainda, uma interação significativa entre o abrasivo e sua concentração, indicando que a classificação dos abrasivos, de acordo com a abrasão por eles causada, depende da concentração de abrasivo utilizada. A diluição alterou a classificação de abrasividade para dois dos abrasivos testados.

No ano seguinte, Harte & Manly ²³ realizaram um estudo dividido em duas partes. Na primeira, foram utilizados dois abrasivos, pirofosfato de cálcio e sílica marca Syloid 63, testados em concentrações de 20 e 40% em massa numa mistura de 1:1 de abrasivo e solução de carboximetil celulose de sódio a 2 % e glicerina. Foram utilizados também dois dentifrícios comerciais que continham pirofosfato de cálcio e sílica como abrasivos, testados nas concentrações de 50 e 100%, tendo sido a concentração menor obtida pela diluição com uma massa igual de solução de carboximetil celulose de sódio a 2 % em água. Quatro escovas dentais diferentes foram utilizadas: A e B - marca Tek (cerdas duras e macias, respectivamente) e C e D - marca Pepsodent (cerdas duras e macias, respectivamente), tendo sido os tufo removidos, permanecendo somente um tufo em cada escova. Durante os ensaios de escovação foi utilizada uma máquina na qual as escovas eram acopladas, tendo sido aplicada uma massa de 10 gramas, o que corresponde a, aproximadamente, 200 a 250 gramas em uma escova intacta, com todos os tufo. Os testes foram realizados em temperatura ambiente e de 37°C e os corpos-de-prova foram confeccionados com discos de dentina humana, irradiados com um fluxo de nêutrons. Na segunda parte do estudo, foram testados dois abrasivos, pirofosfato de cálcio e sílica, e duas escovas da mesma marca, porém com durezas diferentes. As concentrações de abrasivo

utilizadas foram de 10, 20, 30 e 40%. Os abrasivos foram preparados a partir de glicerina, solução aquosa de carboximetil celulose de sódio a 2% ou saliva. Os autores verificaram que a dureza das cerdas das escovas mostrou-se altamente significante, pois, as de cerdas duras causaram um desgaste 3,6 vezes maior que as de cerdas macias. Uma interação significativa entre a dureza das escovas e a marca comercial também foi observada, tendo em vista que, a escova A (dura) causou uma abrasão 14% maior quando comparado com a escova B (macia), enquanto que, a escova C (dura) causou 49% menos abrasão que a escova D (macia). Durante os testes realizados a 37°C, a abrasividade verificada foi 28% menor que aquela observada nos testes realizados à temperatura ambiente. Os abrasivos foram altamente significantes, tendo sido também observada uma interação com a concentração utilizada. Os dentifrícios apresentaram-se duas vezes mais abrasivos numa diluição de 100% quando comparados com a concentração de 50%, mas, os abrasivos, quando testados isoladamente, não apresentaram tal alteração com a diluição. A segunda parte do estudo demonstrou que a glicerina atuou inibindo a abrasão em 88% em média, enquanto a saliva e a solução de carboximetil celulose de sódio a 2 % não foram estatisticamente diferentes entre si. O desgaste mensurado variou amplamente com a concentração dos abrasivos para as escovas de cerdas duras, porém, quase não se alterou nos testes realizados com as escovas de cerdas macias.

Hefferren²⁵, também em 1976, relatou que a mensuração direta da perda de massa da estrutura dental, durante o processo de abrasão, tem sido considerada uma possibilidade relativamente fácil de ser utilizada em testes laboratoriais. Entretanto, a dentina e o esmalte dental são tecidos hidratados que contêm quantidades variáveis de água. Essa variação no conteúdo de água afeta significativamente a mensuração de perda de massa. Uma secagem completa dos dentes, por outro lado, altera sua suscetibilidade à

abrasão. Dessa forma, um sucesso maior com medidas diretas de perda de massa tem sido geralmente obtido nas avaliações de materiais odontológicos, como resinas acrílicas, do que quando a dentina é utilizada como substrato. Para evitar essa possível variação nos resultados, foi desenvolvido o teste de avaliação *in vitro* da abrasividade de dentifícios, utilizando-se dentes irradiados. Neste estudo, o autor descreve quais as condições estabelecidas para esse tipo de teste. O substrato a ser utilizado deve ser dentina radicular de dentes permanentes naturais uniradiculares e vitais quando da extração, os quais deverão ser armazenados em solução neutra de formaldeído a 4%. A máquina de escovação utilizada para os ensaios devem promover movimentos completos de ida e volta de escovas dentais sobre os corpos-de-prova, individualmente, sendo este movimento considerado, neste artigo, como um ciclo de escovação. As escovas dentais utilizadas devem possuir cerdas de nylon de consistência média, com as extremidades planas. Além disso, as escovas utilizadas, de acordo com o autor, devem ser armazenadas em água por um período de 8 horas antes dos testes. Sobre cada escova deverá ser aplicado uma força com massa de 150 gramas. O material abrasivo padrão indicado pelo autor é o pirofosfato de cálcio, estável durante armazenagem.

Hengchang et al.²⁶, em 1984, realizaram um estudo para verificar a abrasão por escovação em resinas acrílicas para coroas “veneers”, utilizando duas diferentes máquinas de ensaio de escovação. Os quatro materiais avaliados, após a polimerização, foram polidos e armazenados em água à temperatura ambiente por 30 dias ou mais. Uma das máquinas utilizada permitia a atuação simultânea de oito escovas macias, que eram movimentadas numa solução de 50 mL de água com 30 gramas de dentifício. Sobre as amostras foi exercida uma pressão de 200 gramas e o total de ciclos realizados foi de 25.000. Metade da superfície dos corpos-de-prova foi recoberta, com o objetivo de

preservá-las intactas, para que servissem como referência. Após os testes, essas superfícies foram analisadas utilizando-se um rugosímetro. A outra máquina utilizada possuía um tecido macio que atuava sobre os corpos-de-prova em uma solução de pó de carbonato de cálcio e água, na razão de 1:1. Sobre os corpos-de-prova era exercido uma força com massa de 1,5 kg. A velocidade de rotação utilizada foi de 74 rotações por minuto durante 2 horas. Para esta máquina a abrasão foi calculada pela perda de volume, tendo sido as amostras secas e pesadas até apresentarem massa constante, antes e após os testes. Todos os corpos-de-prova também foram avaliados através de microscopia eletrônica de varredura. Um dos materiais avaliados apresentou menor perda de volume ($21,6 \text{ mm}^3$) e a menor diferença entre os valores de rugosidade, quando a área desgastada e a superfície de referência foram comparadas ($5,3 \text{ }\mu\text{m}$). Os outros três materiais testados apresentaram valores maiores, nos dois testes realizados, tendo sido observado que as diferenças entre esses valores não foram significativas. Segundo os autores, em situações clínicas, vários fatores podem aumentar ou diminuir a velocidade de desgaste observada, em relação aos valores obtidos em estudos que utilizam corpos-de-prova com superfícies lisas e planas, testados à temperatura ambiente. Conseqüentemente, não é possível obter uma correlação quantitativa entre os estudos de resistência ao desgaste, realizados *in vitro*, e as observações clínicas. Entretanto, a ordem de resistência ao desgaste dos materiais testados em laboratório é, provavelmente, a mesma demonstrada clinicamente por esses materiais.

Em 1987, Svinnseth et al.⁵¹, verificaram a abrasividade de 23 dentifrícios utilizando uma máquina, que realizava 1.000 ciclos de escovação, aplicando uma força de com massa de 200 gramas (2N) sobre os corpos-de-prova constituídos por cortes de dentina incluídos em blocos de resina. As escovas dentais eram movimentadas numa velocidade de

150 ciclos por minuto, com movimentos de 38mm de extensão. Para a imersão dos corpos-de-prova, durante os ensaios de escovação, foi utilizada uma solução preparada com 20 gramas de dentifrício e 10 mL de carboximetil celulose de sódio a 0,5%. A abrasão foi calculada pela profundidade do sulco formado na dentina, como resultado dos ensaios de escovação. A seqüência de testes para cada dentifrício consistiu da escovação do corpo-de-prova de dentina, inicialmente, com uma pasta padrão, seguida pela escovação com o dentifrício testado e, por último, com a pasta padrão novamente. A abrasividade foi expressa pela razão entre os resultados obtidos com o dentifrício testado e a média de dois ensaios de escovação com a pasta padrão. Foram realizadas quatro seqüências de testes para cada dentifrício. Após os testes experimentais, a fita adesiva que demarcava a região testada foi retirada, os corpos-de-prova foram limpos e, com auxílio de um rugosímetro, o perfil transversal do sulco causado pela abrasão foi registrado. Para a mensuração do pH dos diferentes dentifrícios testados uma parte em volume de cada pasta dental foi diluída em quatro partes de água destilada deionizada. Das 23 pastas dentais testadas, 6 apresentaram abrasividade classificada como alta, 10 foram consideradas como média e 7 com abrasividade pequena ou inexistente. A análise do valor de pH dos dentifrícios testados, mostrou um intervalo de valores entre 3,67 e 10,1, tendo sido a média encontrada de 7,6. Um dos produtos testados era altamente ácido (pH 3,7) e dessa forma, a superfície relativamente lisa observada nos testes utilizando esse dentifrício pode ter sido causada por uma combinação de efeitos erosivo e mecânico proporcionado pelas cerdas das escovas.

Um estudo comparativo para verificar a eficácia de três dentifrícios, com diferentes abrasivos, e da água na remoção de biofilme foi realizado por Johannsen et al.²⁸, em 1993. Para a mensuração da ação de limpeza, a intensidade da luz refletida a partir de um feixe de raio laser era mensurada através de uma fotocélula. Participaram do estudo 10

pacientes com idade entre 25 e 55 anos, tendo sido selecionado o incisivo central superior. Para os testes, os pacientes utilizaram escovas elétricas, que realizavam 3.300 rotações por minuto. Os três dentifrícios avaliados continham os seguintes agentes abrasivos: A -silicato de alumínio, carbonato de cálcio e fosfato de cálcio dihidratado; B- dióxido de silício e fosfato cálcio dihidratado; C- bicarbonato de sódio. Previamente ao estudo *in vivo*, foi realizado um estudo *in vitro* no qual a abrasividade foi mensurada pelo mesmo método, tendo sido os feixes de luz dirigidos para corpos-de-prova confeccionados em acrílico. Os três dentifrícios foram estudados, separadamente, utilizando-se uma máquina de escovação, por períodos de 6 horas, totalizando 12.000 ciclos duplos. A cada hora os corpos-de-prova eram retirados e a intensidade de luz refletida era mensurada. Nos testes *in vivo* os pacientes foram instruídos a realizar um período de escovação de 30 segundos com o dentifrício B e a escova elétrica e, a seguir, remover, com água, todo o dentifrício. Após o registro dos valores iniciais, foi solicitado aos pacientes que suprimissem a escovação por 72 horas. A seguir, os pacientes realizaram a escovação por um período de 60 segundos, com um dos dentifrícios avaliados ou com água somente, sendo os valores de intensidade de luz refletida mensurados nos intervalos de 5, 15, 50 e 60 segundos. Os resultados obtidos sugerem que, o dentifrício que continha bicarbonato de sódio como agente abrasivo mostrou-se menos efetivo na limpeza e polimento dos dentes que aqueles que continham silicato de alumínio, carbonato de cálcio e fosfato de cálcio dihidratado ou dióxido de silício e fosfato de cálcio dihidratado. Os autores citaram também a dificuldade de se estabelecer relevância clínica de estudos realizados em laboratório, porém, nesta pesquisa, os resultados obtidos *in vivo*, considerando a ordem de eficiência de limpeza, apresentaram a mesma ordem de abrasividade do estudo *in vitro*.

Consani et al. ¹¹, em 1995, realizaram um estudo para avaliar *in vitro* a abrasividade de dentifícios fluoretados comerciais sobre corpos-de-prova de acrílico. Foram utilizadas 21 marcas comerciais de dentifícios fluoretados comumente encontrados no mercado nacional. Para os testes foram utilizadas escovas dentais marca Prevent-30, com cerdas extra-macias de pontas arredondadas. Foram confeccionados corpos-de-prova utilizando placas de acrílico Plexiglas, com dureza Vickers 20. Para os ensaios de abrasividade, foi utilizada uma máquina de escovação que realizava movimentos lineares recíprocos numa velocidade de 250 movimentos por minuto, num total de 30.000 ciclos. Os ensaios foram realizados com as amostras imersas em uma solução de água destilada/dentifício, numa proporção de 1:1, em massa, e a força aplicada sobre cada corpo-de-prova foi de 200 gramas. Para avaliação da abrasividade foi utilizado um aparelho de leitura da rugosidade superficial, após os ensaios de escovação, proporcionando os valores em Ra. O grupo controle foi constituído por amostras submetidas aos ensaios de escovação imersos somente em água destilada. Foram realizadas 3 leituras de rugosidade em cada corpo-de-prova. Não foi possível estabelecer uma relação entre diferentes tipos de abrasivo e a taxa de abrasividade. Mantendo-se constante a pressão e velocidade de escovação, a abrasividade do agente parece estar mais relacionada à forma do que ao tipo e tamanho das partículas. O dentifício mais abrasivo foi aquele que continha alumina em sua composição (rugosidade = 6,073 μm) e o menos abrasivo foi aquele que apresentava sílica como agente abrasivo (rugosidade = 0,373 μm). Os dentifícios contendo carbonato de cálcio ou fosfato de cálcio apresentaram valores intermediários, todos com diferença estatisticamente significativa em relação ao padrão (rugosidade = 0,01 μm). A escovação

utilizando-se somente água resultou em rugosidade média de 0,019 μm , bastante próximo do valor apresentado pela amostra padrão, antes da escovação.

Mair et al.³⁶, em 1996, discutiram os mecanismos fundamentais da abrasão e dos métodos de avaliação e mensuração deste fenômeno em Odontologia. O desgaste é um processo natural que ocorre quando superfícies em movimento se contatam. Um importante fator que determina a quantidade de abrasão é o tempo de duração do movimento. A abrasão pode ser definida como o resultado final da interação entre superfícies que é observada pela remoção gradual de material. É possível distinguir-se quatro tipos principais de processos de desgaste. A primeira categoria é a abrasão adesiva que ocorre quando superfícies deslizam entre si. Os efeitos da fricção entre duas superfícies fazem com que as asperezas presentes em uma delas tornem-se unidas à outra superfície. Dessa forma, ocorre a transferência de material de uma superfície para outra, sendo o volume de material transferido proporcional à área real de contato e a distância de deslizamento. O desgaste abrasivo é, provavelmente, o tipo mais comum de abrasão, que ocorre quando há asperezas duras atuando sobre um material macio. Essas asperezas podem ser parte integrante de uma das superfícies, como, por exemplo, as partículas de carga projetadas de um compósito dental, ou podem ser partículas separadas situadas entre as duas superfícies. No primeiro caso, o fenômeno é denominado de abrasão de dois corpos e, no segundo caso, de abrasão de três corpos. Em geral, o desgaste abrasivo é proporcional à dureza dos materiais em contato, a geometria das partículas abrasivas, à força e à distância do deslizamento. Um terceiro tipo de abrasão é o desgaste por fadiga. Quando uma superfície desliza sobre outra, ocorre uma área de compressão no material, na região situada anteriormente ao movimento. Além disso, a deformação plástica do material causa

uma área de tração na região posterior ao movimento. Como resultado, fendas se formam e se propagam durante os movimentos cíclicos. Eventualmente as fendas podem se propagam até a superfície, resultando em perda de material situado ao seu redor. O quarto tipo de desgaste, denominado de corrosivo, ocorre quando há uma interação do material com o ambiente, e a formação de uma camada de reação química na superfície do material. Essa camada pode ser removida do material como resultado do contato entre duas superfícies. Uma nova camada de reação química se forma na superfície exposta do material, a qual é subsequente removida no próximo contato entre as superfícies. O desgaste dos materiais odontológicos é causado por várias combinações dos processos acima descritos.

A rugosidade superficial de superfícies duras intra-orais apresenta uma importância significativa no processo de retenção bacteriana. Dessa forma, Bollen et al. ¹⁰, em 1997, realizaram uma revisão de literatura para verificar a rugosidade inicial de vários materiais odontológicos duros, bem como verificar as alterações superficiais destes materiais após diversos tipos de tratamentos. Os estudos *in vivo*, atualmente, sugerem um valor de rugosidade superficial de $R_a = 0,2 \mu\text{m}$, abaixo do qual nenhuma redução no acúmulo de bactéria poderia ser esperada. Um aumento na rugosidade superficial acima desse valor, no entanto, resultaria em um aumento simultâneo no acúmulo de placa e, conseqüentemente, do risco de cárie e de inflamação periodontal. A rugosidade superficial da parte interna das bases de próteses pode determinar a colonização dessas superfícies por diferentes microorganismos. A escovação agressiva e repetida das próteses, com agentes de limpeza abrasivos, irá tornar rugosas mesmo as superfícies que, inicialmente, apresentam-se lisas. Diante disso, os autores verificaram que todos os materiais odontológicos

necessitam de um tratamento específico para a obtenção e manutenção de uma superfície tão lisa quanto possível.

Verran & Maryan⁵⁵, também em 1997, realizaram um estudo para comparar a retenção de *Candida albicans* em superfícies lisas ou rugosas de uma resina acrílica e de um silicone utilizado como material para prótese facial, e determinar o efeito da rugosidade superficial na infecção e higienização das próteses. Suspensões padronizadas de *Candida albicans* foram incubadas com as amostras experimentais (resina e silicone, com superfícies lisas ou rugosas) por 60 minutos a 24° C. Após esse período, os corpos-de-prova foram lavados e os microorganismos aderidos sobre as superfícies foram corados e contados. Os autores também mensuraram os valores de rugosidade da superfície das amostras de resina e do gesso sobre o qual o silicone foi polimerizado. Os valores obtidos em Ra foram de 0,02, 1,26 e 1,96 µm para as superfícies de resina acrílica lisas, rugosas e prensadas sobre gesso com aplicação de isolante, respectivamente. Para as superfícies de gesso, sobre as quais o silicone foi polimerizado, foi observada uma rugosidade média maior (Rz – 12,8 µm) que a da resina acrílica (Rz – 7,3 µm). Foi verificado que as superfícies rugosas apresentaram maior aderência de microorganismos do que as lisas. Não foram encontradas diferenças significantes no número de células, entre as superfícies lisas. Porém, nos grupos com superfícies rugosas, um número de microorganismos significativamente maior foi observado nos corpos-de-prova em silicone quando comparados com os de resina acrílica. Os autores concluíram que a rugosidade superficial pode facilitar a aderência de microorganismos e a infecção das próteses, devendo, portanto, ser mantida em um valor menor possível.

Com o objetivo de verificar a resistência à abrasão por escovação de resinas para base de próteses Haselden et al. ²⁴, em 1998, realizaram um estudo comparativo entre uma resina foto-ativada, uma termoativada e uma ativada quimicamente. Foram utilizados três tipos de dentifrícios: X – Dentucreme, indicado para higienização de próteses, Y – Clinomyn, indicado para fumantes e Z – Colgate, indicado para higienização dental, contendo abrasivos de vários tipos e diferentes tamanhos de partículas. As resinas avaliadas foram manipuladas de acordo com as instruções dos fabricantes, sendo, posteriormente polidas utilizando-se lixas de diferentes granulações. As superfícies foram avaliadas antes e após os testes, utilizando-se microscopia eletrônica de varredura (análise microscópica), avaliação visual (análise macroscópica) e um rugosímetro para avaliação da perda de material. Para os ensaios de escovação, foi utilizada uma máquina de escovação, com capacidade para acoplar seis escovas dentais, da marca Oral B. Os corpos-de-prova eram posicionados em seis compartimentos que continham 1 mL de água a temperatura ambiente à qual era adicionada 1 mL do dentifrício testado. O número total de ciclos de escovação foi de 30.000 para cada corpo-de-prova, e a força aplicada sobre as escovas possuía massa de 250 gramas. Um ensaio de cada material foi também realizado somente com água, sem a utilização de dentifrício. A resina foto-ativada demonstrou menor abrasão que as outras duas resinas, e o dentifrício Y proporcionou, para esta resina, valores de desgaste três vezes maiores que os outros dois dentifrícios. A resina termoativada apresentou substancial perda de material por abrasão, com maiores valores quando se utilizou o dentifrício X. A resina ativada quimicamente apresentou o maior desgaste por abrasão quando comparada aos valores das outras resinas testadas, sendo o maior desgaste verificado quando se utilizou o dentifrício Z. Com relação ao exame macroscópico, a análise evidenciou que as amostras de todos os materiais, quando testadas com água, não

apresentaram desgaste. Porém, quando as amostras submetidas a testes com dentifrícios foram avaliadas, foi verificado que todos os materiais apresentaram desgaste, com exceção da resina foto-ativada testada com o dentifrício Z. A microscopia eletrônica de varredura demonstrou um padrão de desgaste com sulcos na direção do longo eixo em todas as amostras, tendo sido mais pronunciado em alguns dos materiais avaliados. O desempenho melhor da resina termoativada, quando comparada à resina auto-ativada, estaria relacionada, segundo os autores, ao seu maior grau de conversão. A interação de diferentes resinas e dentifrícios, que apresentam diferentes composições, pode resultar em alterações na superfície das resinas, causando um efeito plastificante em algumas circunstâncias. Esse fato indica que, dentro de um grupo genérico de resinas pode ocorrer uma variação considerável nos efeitos de diferentes agentes de limpeza.

No mesmo ano, Kawai et al.²⁹ realizaram um estudo comparativo para verificar a resistência à abrasão por escovação de sete diferentes tipos de resinas experimentais. Estas resinas foram obtidas a partir de quatro tipos de monômeros: bisfenol diglicidil metacrilato A - Bis-GMA, uretano dimetacrilato - UDMA, trimetilol propano trimetacrilato - TMPT e trietileno glicol dimetacrilato - TEGDMA. Após a confecção, os corpos-de-prova foram armazenados à temperatura ambiente por 2 semanas. Para os testes de abrasão foi utilizada uma máquina de escovação, na qual eram acopladas escovas dentais, que aplicavam sobre os corpos-de-prova uma força constante com massa de 400 gramas. As amostras eram submetidas aos ensaios de escovação imersas numa solução de 40 gramas, a qual continha, em massa, 25% de bicarbonato de sódio, 1% de carboximetilcelulose, 1 % de lauril sulfato de sódio e 73% de glicerina. As escovas utilizadas neste estudo apresentavam cerdas duras. A máquina de escovação foi programada para realizar 60 ciclos por minuto. Os corpos-de-prova eram pesados, inicialmente, e após

cada 10.000 ciclos, num total de 100.000 ciclos de escovação. A perda de massa foi determinada pela alteração de peso verificada antes e após os ensaios. A dureza superficial das sete resinas experimentais também foi avaliada. Foi verificado que a perda de massa diminuiu em função do tempo. A análise estatística demonstrou diferenças estatisticamente significantes para a perda de massa entre as sete resinas experimentais. Os resultados evidenciaram que a perda de massa diminuiu com o aumento da quantidade de TEGDMA. A resistência à abrasão das resinas é dependente do tipo de carga utilizada, da matriz resinosa e da interface carga/matriz. Entretanto, a propagação de trincas ocorre principalmente na matriz de resina. Esse fenômeno pode ocorrer em razão da resistência à fratura da matriz resinosa ser menor que a força de união carga/matriz. Considerando-se que a matriz resinosa é mais macia que a carga, o desgaste da matriz resinosa é maior. Além disso, a resistência ao desgaste tem sido correlacionada com o aumento do grau de polimerização. Um menor grau de polimerização resulta em maior abrasão devido à diminuição das propriedades físicas das resinas. Segundo os autores, devido à relação inversa entre a dureza de superfície e a abrasão, observada neste estudo, os valores de microdureza da matriz resinosa podem ser considerados como indicadores satisfatórios para se prever a resistência à abrasão de resinas sem carga. Ainda que não haja correlação estabelecida entre a resistência ao desgaste e a microdureza da superfície de compósitos, foi percebida uma alta correlação entre essas propriedades. Foi observado, ainda, que as resinas à base de TMPT apresentaram a maior resistência ao desgaste. O TMPT apresenta três grupos metacrilatos em suas moléculas e apresentam um número significativamente maior de radicais livres que os monômeros que apresentam dois grupos funcionais metacrilatos. Esse monômero TMPT forma uma estrutura polimérica tridimensional

complexa, e por essa razão, apresenta propriedades mecânicas favoráveis como demonstrado pelos valores de dureza.

Em 2000, Tanoue et. al.⁵², realizaram um estudo com o objetivo de avaliar a resistência à abrasão de um compósito híbrido para prótese (ArtGlass) avaliando-se a influência de diferentes aparelhos fotopolimerizadores. Após a confecção dos corpos-de-prova, a partir de uma matriz de aço inoxidável, estes eram armazenados em água por 14 dias a temperatura de 37° C. Para os ensaios de escovação foi utilizada uma máquina programada para realizar 140 ciclos por minuto, na qual eram acopladas as escovas dentais (Oral B - 40). Durante os testes, os corpos-de-prova eram imersos em uma solução de dentifício/água, na proporção de 1:1, sendo submetidos a uma massa constante de 350 gramas. O dentifício selecionado possuía, como agente abrasivo, o hidróxido de alumínio (Colgate Fluoriguard), e o número total de ciclos realizado foi de 20.000, o que equivaleria, segundo os autores, a 2 anos de escovação. Após os testes, os corpos-de-prova eram limpos com água destilada sob vibração em ultra-som por 5 minutos, quando, então, eram cuidadosamente secos. A mensuração da abrasão dos corpos-de-prova foi realizada utilizando-se um rugosímetro. A leitura da superfície foi realizada movimentando-se a ponta ativa do equipamento sobre a área escovada e não escovada, numa direção perpendicular a dos testes de escovação. Além disso, a rugosidade da superfície (Ra) também foi avaliada. Os autores verificaram que houve diferença nos valores de abrasão e de rugosidade entre os materiais para dentina e esmalte assim como entre os aparelhos avaliados. Essas diferenças foram relacionadas com a composição e com o grau de polimerização proporcionado pelos diferentes aparelhos.

Zissis et al.⁶³, em 2000, analisaram a rugosidade superficial de 20 resinas, comercialmente disponíveis, sendo 4 para base de prótese (2 termopolimerizáveis,

1 fotopolimerizável e 1 indicada para a técnica de injeção), 9 resinas para reembasamento do tipo imediato definitivo (6 fotopolimerizáveis e 3 autopolimerizáveis) e 7 resinas macias para reembasamento (4 fotopolimerizáveis, 1 autopolimerizável e 2 termopolimerizáveis). A rugosidade superficial foi mensurada por meio de um rugosímetro e os valores obtidos em Ra foram utilizados para a comparação entre os materiais. As médias obtidas variaram de 0,7 a 7,6 μm . As resinas para base exibiram valores médios de 3,4 a 7,6 μm , enquanto os reembasadores apresentaram valores médios variando de 0,7 a 4,4 μm . Para os materiais macios auto e fotopolimerizáveis, os valores obtidos variaram de 0,7 a 3,5 μm , enquanto os termopolimerizáveis apresentaram rugosidade média variando de 3,5 a 4,0 μm . Segundo os autores, a rugosidade apresentada por todos os materiais avaliados (valores médios maiores que 0,7 μm) indicam que existe a possibilidade para o acúmulo de placa, tendo em vista que 0,2 μm é o valor considerado como limite, abaixo do qual nenhuma aderência bacteriana poderia ser esperada.

Um estudo para avaliar a abrasão e a capacidade de remoção de manchas de 5 diferentes marcas de escovas dentais, com cerdas médias de diferentes configurações, e de uma escova experimental com cerdas de secção transversal retangular, foi realizado por Dyer et al.¹⁹, em 2001. A abrasão e a remoção de manchas foram avaliadas em testes com ciclos de escovação lineares e rotatórios. As escovas eram posicionadas, paralelas entre si, em uma máquina de escovação elétrica. Sobre cada escova dental foi aplicado uma massa de 200 gramas. Os corpos-de-prova, confeccionados utilizando resina acrílica incolor, eram posicionados na máquina de escovação, em número de quatro, permitindo testar, simultaneamente, a ação duas escovas de cada marca. Os testes foram realizados com os corpos-de-prova imersos em uma solução de 20 gramas de dentifício fluoretado e

80 mL de água. Essa solução era agitada, regularmente, e substituída a cada 2.500 ciclos. A abrasão foi avaliada, utilizando um rugosímetro, por meio de 2 mensurações realizadas na região escovada de cada corpo-de-prova. Essas mensurações eram comparadas com outras 2, realizadas nas superfícies não escovadas, localizadas nas extremidades da área escovada, consideradas como valores iniciais. Os movimentos de escovação foram realizados numa velocidade de 50 ciclos por minuto e as mensurações foram registradas após 5.000, 10.000, 15.000 e 20.000 ciclos. Para a avaliação da capacidade de remoção de manchas, os corpos-de-prova foram corados com solução de clorexidina a 0,2% e chá. A seguir, foram submetidos aos ciclos de escovação, lineares ou rotatórios, imersos em água, por períodos de 10 a 60 segundos, sendo a densidade óptica mensurada ao final de cada período. Os autores verificaram um aumento progressivo e significativo da abrasão com o aumento do número de ciclos realizados. A abrasão foi maior para os ciclos lineares quando comparados aos ciclos rotatórios. As escovas testadas apresentaram diferenças significativas na abrasividade, tanto nos ciclos lineares como rotatórios, particularmente com o aumento no número de ciclos. A capacidade de remoção de manchas aumentou progressivamente com o tempo de escovação. A escova dental experimental mostrou-se mais eficiente para a remoção de manchas, quando foram utilizados ciclos rotatórios, enquanto as outras escovas foram mais eficientes quando se utilizaram movimentos lineares. Todas as escovas dentais apresentaram diferenças significativas quanto à capacidade de remoção de manchas. Os autores sugerem que as diferenças observadas, entre a abrasão e a capacidade de remoção de manchas, devem-se, principalmente, à relação da área de contato da cerda com a superfície testada. Além disso, os autores verificaram que cerdas com textura similar variaram em sua capacidade de transportar dentifício e, portanto, na abrasão. As dimensões dos filamentos e a configuração dos tufo das cerdas

podem influenciar a capacidade de remoção de manchas. Essas observações parecem ser inter-relacionadas. Os autores consideraram que os resultados, provavelmente, não apresentam significância clínica quanto à segurança e eficácia de escovas dentais, porém, o método testado poderia ser utilizado para estabelecer critérios mínimos para escovação.

Wang ⁵⁷, também em 2001, avaliou o desgaste por abrasão decorrente de escovação simulada de sete marcas comerciais de resinas compostas, por meio da análise da alteração de massa e da textura superficial. Para isto, foram confeccionados doze corpos-de-prova de cada marca comercial testada. Previamente aos ensaios de escovação os corpos-de-prova eram acondicionados em água deionizada a 37°C por, aproximadamente, 15 dias. Durante esse período, os corpos-de-prova eram pesados a cada 24 horas até que se verificasse uma estabilidade da massa. Quando eram obtidos valores estáveis após cinco pesagens consecutivas, a média desses valores era registrada como valor de massa inicial. Além disso, antes dos ensaios, era realizada a leitura da rugosidade média das amostras utilizando-se um rugosímetro. Foi utilizada uma máquina de escovação, tendo sido realizados 100.000 ciclos, utilizando escovas dentais com cerdas macias e uma solução de dentífrício e água deionizada numa proporção de 1:2 em massa. Sobre cada corpo-de-prova era aplicado uma massa total de 200 gramas. As alterações de massa e rugosidade superficial foram verificadas pela diferença entre os valores obtidos antes e após os ensaios de escovação. Além disso, os corpos-de-prova foram analisados através de microscopia eletrônica de varredura. Os autores verificaram que todas as resinas apresentaram perda de massa e alteração da rugosidade superficial após os ensaios de escovação. Não houve correlação entre perda de massa e rugosidade superficial. As análises realizadas em microscopia eletrônica de varredura apresentaram-se coerentes com os resultados quantitativos obtidos.

Monômero residual e tratamentos térmicos

McCabe & Basker³⁸, em 1976, descreveram um método para avaliar a quantidade de monômero residual presente nas resinas acrílicas. Neste estudo foram utilizadas duas resinas acrílicas, uma autopolimerizável e uma termopolimerizável, sendo esta última submetida a diferentes ciclos de polimerização. Os corpos-de-prova foram confeccionados de acordo com as instruções do fabricante, e armazenados em água por 24 horas. A avaliação do conteúdo de monômero residual foi realizada através do método de cromatografia gasosa. A resina acrílica autopolimerizável apresentou a maior quantidade de monômero residual, enquanto a resina termopolimerizável apresentou concentrações menores, porém com grande variação entre os diferentes ciclos de polimerização testados. O ciclo longo em banho de água (7 horas a 70°C seguido de 3 horas a 100°C) demonstrou a menor concentração de monômero residual, quando comparado aos outros ciclos testados (ciclo longo a seco e ciclos curtos). A concentração de monômero residual na resina autopolimerizável (0,185%) foi 4 vezes maior que aquela observada para a resina termopolimerizável, quando o ciclo longo em banho de água foi utilizado (0,045%).

Austin & Basker⁵, em 1980, realizaram um estudo para avaliar o efeito de dois ciclos de polimerização no nível de monômero residual da resina acrílica De Trey's "Trevalon". O primeiro ciclo consistiu da imersão da resina em banho de água a 75°C por 7 horas e mais 3 horas de imersão em água a 100°C (ciclo longo); no segundo ciclo, a resina foi imersa em água em ebulição, sendo mantida sem aquecimento por 20 minutos, seguida por mais 10 minutos em água em ebulição (ciclo curto). Após a polimerização, os corpos-de-prova foram armazenados a seco ou em água a 37°C, com o objetivo de se verificar a

liberação do monômero residual na água. Os valores obtidos evidenciaram que o ciclo longo de polimerização proporcionou uma quantidade de monômero residual média de 0,29%, enquanto o ciclo curto resultou em um aumento de 700% no nível de monômero residual. Após 24 horas, a análise do conteúdo de monômero residual não demonstrou valores significativamente diferentes entre os corpos-de-prova armazenados a seco ou em água. Da mesma forma, não houve diferença no conteúdo de monômero residual entre os períodos de 24 horas e 60 dias de armazenamento em água à temperatura ambiente. Foi verificada uma diminuição de somente 28% e 55% no conteúdo de monômero residual nas amostras obtidas com os ciclos longo e curto, respectivamente, após um período adicional de 30 dias de armazenamento em água a 37°C. Com base nos resultados obtidos, os autores concluíram que as amostras confeccionadas utilizando-se o ciclo curto de polimerização apresentaram um conteúdo de monômero residual sete vezes maior quando comparadas aos corpos-de-prova obtidos com o ciclo longo. Além disso, foi possível observar que o monômero residual contido nas resinas acrílicas termopolimerizáveis parece ser muito resistente à remoção por imersão em água.

No mesmo ano, Stafford et al.⁴⁹ compararam as propriedades físicas, mecânicas e químicas de cinco resinas termopolimerizáveis de alto impacto (Trevalon HI, Lucitone 199, Hirco, Vinalene e Impact), uma resina termopolimerizável convencional (Trevalon), uma resina termopolimerizável de rápida polimerização (Acron Rapid), uma resina autopolimerizável (De Treys SC) e uma resina fluida (Pour-n-Cure). Os agentes de ligação cruzada são adicionados à composição das resinas para melhorar sua resistência à formação de trincas (“craze”) e também para melhorar sua dureza. Esses aspectos podem ser importantes para as resinas autopolimerizáveis, nas quais o conteúdo maior de monômero residual irá atuar como um plastificante, resultando em maior flexibilidade do

material. De um modo geral, os materiais termopolimerizáveis, processados a 70°C, apresentaram valores de monômero residual de 1,5%, enquanto que as resinas autopolimerizáveis apresentaram valores maiores que 4%. Essas variações ocorrem devido a diferenças na quantidade de peróxido de benzoíla, as quais irão afetar a velocidade de polimerização e o calor exotérmico desenvolvido. Esse fato, provavelmente, tenha sido a causa da resina Hircoe ter apresentado, após a polimerização, um conteúdo de monômero residual de 2,1%, enquanto a resina Trevalon HI apresentou um valor de 0,67%, apesar dos dois materiais terem sido processados à mesma temperatura. Quanto maior a temperatura de polimerização de um material, menor a quantidade de monômero residual, e esse menor valor é geralmente obtido quando o processamento incluir temperaturas de 100°C. Os resultados encontrados no teste de “creep” demonstraram que as resinas autopolimerizáveis apresentaram os valores mais altos, o que novamente reflete o conteúdo de monômero residual e, de nenhuma maneira está relacionado com o peso molecular. As mesmas diferenças de dureza entre os materiais também foram observadas na resistência à abrasão, propriedade na qual não ocorreram diferenças de significância clínica.

A liberação de monômero residual a partir de amostras de resina acrílica autopolimerizável, por meio de imersão em água foi estudada por Lamb et al. ³¹ em 1982. Os corpos-de-prova de resina Simplex foram polimerizados, variando-se os tempos, 5 a 30 min., e as temperaturas de polimerização, 22° a 55°C. A presença de monômero residual foi identificada por absorção de ultra-violeta. De acordo com os autores, a velocidade de difusão diminuiria progressivamente, e 99% da difusão estaria completa em 14 dias a 22°C e em 7 dias a 37°C em amostras com 24 µm de espessura. A quantidade total de monômero liberada foi dependente da temperatura de polimerização utilizada, uma vez que as resinas

polimerizadas por 15 min. a 55°C apresentaram difusão de 1,6%, enquanto aquelas, polimerizadas por 30 min. a 22°C, a difusão foi maior e mais variável, com valores médios de 4,4%. Os resultados indicaram que, imediatamente após a polimerização, a concentração de monômero residual seria reduzida por dois processos: difusão e polimerização adicional. De acordo com os autores, por meio destes dois fatores, polimerização adicional e período de armazenamento, as propriedades mecânicas do material aumentariam, enquanto que a citotoxicidade e a possibilidade de ocorrência de reações adversas reduziriam.

As resinas acrílicas autopolimerizáveis são utilizadas, rotineiramente, em odontologia para a realização de reparos, reembasamentos, aparelhos ortodônticos e, na forma de resina fluida, podem ser utilizadas como material para base de próteses. As pérolas de polímero, contendo peróxido de benzoíla, são misturadas ao monômero que contém amina terciária como catalisador. À temperatura ambiente, o peróxido se decompõe rapidamente formando radicais livres suficientes para que a polimerização do monômero ocorra e, conseqüentemente, da resina acrílica. Após a polimerização, a resina contém uma quantidade de monômero residual não polimerizado. Dessa forma, Lamb et al.³², em 1983, estudaram a quantidade de monômero residual em uma resina acrílica autopolimerizável (Simplex Rapid Clear), considerando os possíveis efeitos adversos desse monômero sobre as propriedades físicas do material. Foram avaliados os efeitos da proporção pó-líquido e de alterações nas temperaturas de polimerização e de armazenamento. Para isso, os corpos-de-prova foram polimerizados sob pressão de 3,5 bar e nas temperaturas de 22°C ou 55°C. Os autores verificaram que, imediatamente após a polimerização inicial, as amostras submetidas à temperatura de 22°C apresentaram uma maior quantidade de monômero que aquelas submetidas à temperatura de 55°C. Após dois ou três dias, observou-se uma rápida diminuição do grau de monômero residual, devido, possivelmente, a ação dos radicais

livres. A velocidade de diminuição do monômero residual das amostras polimerizadas a 22°C, logo após a polimerização, é maior que a velocidade dos corpos-de-prova submetidos a 55°C. Após um período de armazenamento de dois ou três dias, as amostras polimerizadas a 55°C possuem maior quantidade de monômero residual que as outras. De acordo com os autores, o conteúdo de monômero residual é dependente do tempo, enquanto radicais livres permanecerem na resina polimerizada, e decresce rapidamente em poucos dias. Os radicais livres presentes na resina acrílica autopolimerizável, após a polimerização inicial, são os principais responsáveis pela redução da concentração de monômero residual com o passar do tempo. O grau de monômero residual das resinas pode ser reduzido por um aumento na proporção pó/líquido e por meio da utilização de um ciclo de polimerização inicial a temperaturas mais baixas, seguido de uma polimerização posterior em temperaturas mais elevadas.

Segundo Rohrer & Bulard ⁴⁴, em 1985, as microondas operam, em sua maioria, na frequência de 2.450 MHz. Essas ondas atuam de modo diferente dependendo do material. Materiais como a água, por exemplo, absorvem as microondas e se aquecem dentro do seu campo eletromagnético. Um conceito importante nesse processo é que o aquecimento proporcionado pelas microondas é uma conversão de energia e não um aquecimento como aquele que ocorre em um forno convencional. Os materiais que absorvem microondas, quando expostos ao seu campo eletromagnético, convertem essa energia em calor, dentro do próprio material. Neste estudo os autores avaliaram a possibilidade de se utilizar esse tipo de energia como meio de rotina para esterilização no consultório odontológico e verificaram que esse procedimento é capaz de inativar microrganismos representativos como fungos, vírus e bactérias, aeróbicas e anaeróbicas.

De Clerck ¹⁶, em 1987, discutiu a polimerização de resinas acrílicas utilizando-se a energia de microondas. Segundo o autor, na polimerização convencional em forno ou água quente há um aquecimento do exterior para o interior, sendo necessário que o calor seja transferido do ambiente externo para a mufla, para o material utilizado na inclusão e, por último, para a resina. Na polimerização utilizando-se a energia de microondas o calor é gerado no interior da própria resina. As ondas eletromagnéticas são produzidas por um gerador denominado magnetron. Os fornos de microondas domésticos utilizam uma frequência de 2.450 MHz que produzem um comprimento de onda de, aproximadamente, 12 cm (5 polegadas). As moléculas de metilmetacrilato são capazes de se orientar no campo eletromagnético das microondas e, em uma frequência de 2.450 MHz, podem alterar sua direção cerca de 5 bilhões de vezes por segundo. Conseqüentemente, numerosas colisões moleculares ocorrem, causando rápido aquecimento. A reação de polimerização depende da capacidade do monômero de reagir com os radicais livres do polímero. Considerando que a quantidade de monômero é reduzida como resultado da polimerização, torna-se mais difícil aproximar o monômero dos radicais livres, por que o calor disponível se estabiliza. Quanto mais a temperatura se eleva, mais rápido as moléculas se movimentam e mais completa é a reação de polimerização. No método convencional, a temperatura se eleva no final do ciclo de polimerização e, dessa forma, algum monômero residual permanece na resina. As microondas atuam somente sobre o monômero, o qual diminui na mesma proporção em que o grau de polimerização aumenta. Dessa forma, a mesma quantidade de energia é absorvida por quantidades menores de monômero, tornando as moléculas cada vez mais ativas. Esse fato é importante porque uma forma de autocontrole da polimerização ocorre e resulta em completa polimerização da resina. Assim sendo, a diferença de monômero residual existente entre o método de

polimerização convencional e por microondas, parece estar relacionado ao modo com que as moléculas de monômero movem-se dentro das cadeias de moléculas dos polímeros. No método convencional, as moléculas de monômero são movidas por choques térmicos que recebem de outras moléculas, sendo, portanto, movidas passivamente e seus movimentos são somente consequência do calor externo. No método por microondas, as moléculas de monômero são movidas por um campo eletromagnético de alta frequência, sendo estes movimentos a única causa do calor interno gerado. O autor concluiu que a polimerização por meio de microondas é uma alternativa para a confecção de próteses que resulta em considerável economia tempo e dinheiro; e que as resinas polimerizadas por este tipo de energia apresentam pequena quantidade de monômero residual e as mesmas propriedades físicas que aquelas polimerizadas pelo método convencional.

Um estudo para detectar a presença de metil metacrilato na saliva humana, a partir de cromatografia gasosa-líquida, foi realizado por Baker et al. ⁸ em 1988. Seis indivíduos dentados utilizaram aparelhos removíveis, que recobriam a região do palato, confeccionados com resina autopolimerizável (Orthoresin) ou resina termopolimerizável (Lucitone 199), de mesma composição. Os ciclos de polimerização utilizados foram de 10min. a 50°C a uma pressão de 204KPa para a resina autopolimerizável e de 1, 3, 5 ou 7h a 70°C para a resina termopolimerizável. A liberação de monômero dos aparelhos confeccionados em resina autopolimerizável foi de 6,2 a 29,5µg/mL na primeira hora. Para aqueles confeccionados em resina termopolimerizável por 1h a 70°C, a liberação foi de 6,3µg/mL, ao passo que, para aqueles polimerizados por 3h ou mais não houve liberação. Os resultados demonstraram também que a concentração superficial de monômero na resina autopolimerizável foi maior que em seu interior. Os

autores consideraram pequeno o risco do monômero liberado atuar como irritante ou causar reação de sensibilização, a qual poderia ser minimizada se a prótese for imersa em água, 24h antes de sua instalação.

Um estudo laboratorial, simulando procedimentos de limpeza de próteses, foi realizado por Arab et al. ² em 1989, com objetivo de estabelecer a influência do nível de monômero residual na alteração de cor de resinas acrílicas e investigar seus efeitos sobre algumas propriedades físicas. Para os testes foram confeccionados corpos-de-prova utilizando-se uma resina acrílica para base de próteses, polimerizada por meio de dois ciclos de polimerização distintos: A) 16 horas à temperatura de 70°C, seguido de 3 horas à temperatura de 100°C; B) 8 horas à temperatura de 70°C, selecionado por resultar em elevado nível de monômero residual. Os corpos-de-prova foram divididos em quatro grupos e submetidos a uma das seguintes condições: 1) Imersão em agente de limpeza para próteses, preparado conforme instruções do fabricante (50°C); 2) Imersão em água a 50°C; 3) Imersão em solução para limpeza de próteses a 100°C; 4) Imersão em água a 100°C. As imersões ocorreram por um período de 30 minutos, após o qual os corpos-de-prova foram armazenados em água a temperatura ambiente por 24 horas. Esses procedimentos se repetiram por 100 dias. O grupo controle foi constituído por corpos-de-prova imersos por 100 dias em água a temperatura ambiente. Foram avaliados o nível de monômero residual, a alteração de cor, as características superficiais, a transmissão de luz, a resistência flexural e a dureza. As amostras que possuíam um baixo nível de monômero residual, não apresentaram alterações no conteúdo de monômero, quando imersas em água ou na solução com o agente de limpeza, nas duas temperaturas avaliadas (50°C e 100°C). A mesma observação foi verificada nas amostras com alto grau de monômero residual submetidas à imersão, com ou sem agente de limpeza, a 50°C. Porém, no grupo de resinas com alto grau

de monômero residual, submetidas aos procedimentos de limpeza a 100°C, com ou sem agente de limpeza, foi verificado uma diminuição significativa do conteúdo de monômero residual (43%). Segundo os autores, essa redução estaria relacionada a uma polimerização complementar. Propriedades físicas importantes, como resistência flexural e dureza, foram afetadas por níveis altos de monômero residual. É provável que o monômero residual afete negativamente essas propriedades por meio de um efeito plastificante, que efetivamente reduz as forças entre as cadeias moleculares, de tal forma que a deformação pode ocorrer mais facilmente, quando da atuação de forças.

No mesmo ano, Fuji ²⁰ realizou um estudo com o objetivo de avaliar a resistência flexural e o limite de fadiga de resinas à base de polimetil metacrilato (PMMA), e ainda observar as alterações na visco-elasticidade dinâmica e na propriedade de tração desses materiais, com a propagação da fadiga. Neste estudo foram testadas duas resinas termopolimerizáveis experimentais, somente com PMMA, com e sem agente de ligação cruzada, etileno glicol dimetacrilato (EGDMA), e quatro resinas comerciais, sendo uma termopolimerizável e três resinas fluidas. Todos os materiais foram também avaliados com relação ao conteúdo de monômero residual. Foi possível observar que: 1) o aumento da tensão média aplicada sobre os corpos-de-prova, causou uma diminuição do limite de fadiga; 2) com a propagação da fadiga, o módulo de elasticidade, a dureza e a resistência à tração foram reduzidos; 3) o limite de fadiga foi melhorado pela adição de um agente de ligação cruzada; 4) as resinas termopolimerizáveis apresentaram um limite de fadiga alto, quando comparadas às resinas fluidas; 5) a absorção de água nas resinas termopolimerizáveis causou uma diminuição do limite de fadiga; 6) foi observada uma correlação negativa entre a quantidade de monômero e o limite de fadiga das resinas

testadas, sugerindo que esse limite é influenciado pelo conteúdo de monômero residual presente no interior de cada material.

Diante das constantes pesquisas sobre a etiologia das reações inflamatórias da mucosa oral de pacientes, que utilizam suas próteses continuamente, Koda et al. ³⁰, também em 1989, realizaram um estudo para avaliar a liberação de substâncias de resinas acrílicas para base de próteses. Para isso, os autores utilizaram uma resina acrílica termopolimerizável -A- (Acron nº 8), uma autopolimerizável -B- (Rebaron nº 3) e uma polimerizada por energia de microondas -C- (Acron-MC nº 8). A liberação de metilmetacrilato (MMA), ácido metacrílico (M) e ácido benzóico (BA) foi avaliada, após a polimerização, em intervalos de tempo estabelecidos. A liberação de MMA na água ocorreu rapidamente nos primeiros dias e, em seguida, diminuiu progressivamente. Os autores verificaram que existem diferenças na liberação dessas substâncias entre os materiais testados, e que estas são o reflexo da variação do MMA residual presente nas resinas. Essas diferenças são provenientes do grau de polimerização das resinas, o qual é dependente do método de polimerização utilizado, tendo sido observado que a liberação de substâncias pela resina autopolimerizável (B) foi mais intensa que aquela verificada com a resina termopolimerizável (A) e a polimerizada por microondas (C). As resinas A e C, apresentam possivelmente menor potencial citotóxico que a resina B, devido à quantidade de monômero residual liberado. Os resultados observados são coerentes com os estudos sobre o potencial citotóxico das resinas autopolimerizáveis.

Jerolimov et al. ²⁷, em 1991, realizaram um estudo com objetivo de determinar a quantidade de monômero residual em amostras de resinas polimerizadas por vários métodos, avaliando-se a relação entre os resultados de monômero residual presente no pó dos materiais testados e nas respectivas resinas após a polimerização. Foram

utilizadas duas resinas termopolimerizáveis, Biocryl R e Major Base R, as quais foram polimerizadas utilizando-se três ciclos longos: A) imersão em água por 14 horas a 70° C; B) imersão em água por 7 horas a 70° C e mais 3 horas a 100° C; C) imersão por 14 horas a 70° C e mais 3 horas a 100° C. As resinas foram polimerizadas também utilizando-se dois ciclos curtos: 1) imersão em água a 70° C por 30 minutos e mais 30 minutos a 100° C; 2) mesmas condições do ciclo 1, porém sob pressão de 2,06 Kpa. Os autores verificaram que os ciclos longos proporcionaram valores médios de monômero residual dez vezes menores que os ciclos curtos. Os valores de monômero residual foram significativamente menores nas amostras de resina após a polimerização do que na forma de pó. O material que apresentou menor taxa de monômero residual no pó, também apresentou os menores valores na resina polimerizada. Os ciclos com melhores resultados incluíram polimerização a 100° C, resultando em quantidades muito pequenas de monômero residual.

Tsuchiya, et al. ⁵³, em 1994, realizaram um estudo *in vitro* e *in vivo* para verificar a concentração de formaldeído e metil metacrilato liberados de resinas acrílicas para base de próteses, através dos testes de análise por injeção e de cromatografia líquida respectivamente. Além disso, avaliaram a citotoxicidade dessas substâncias por meio do método de cultura celular. Foram utilizadas as resinas acrílicas Rebaron (autopolimerizável), Acron (termopolimerizável) e Acron MC (polimerizada por microondas). Os testes de liberação foram realizados com saliva humana e artificial. Os autores verificaram concentrações significantes das duas substâncias, tanto na saliva humana como na saliva artificial. As resinas autopolimerizáveis apresentaram liberação das substâncias testadas uma a duas vezes maior que as resinas acrílicas termopolimerizadas e polimerizadas por energia de microondas. As substâncias metilmetacrilato e formaldeído apresentaram potencial citotóxico, porém, o último mostrou-se mais citotóxico em menores

concentrações, quando comparado ao metilmetacrilato. A imersão em água aquecida resultou, ao final dos testes, em diminuição significativa das concentrações de formaldeído e de metilmetacrilato liberadas. A imersão prévia em água aquecida foi mais efetiva na diminuição de concentração de metilmetacrilato, resultando numa diminuição de 75%, quando as amostras imersas em água a 50° C, por 60 minutos, foram comparadas ao grupo controle. Esse procedimento foi recomendado pelos autores, especialmente para as resinas acrílicas autopolimerizáveis, utilizadas na confecção e no reembasamento de bases de próteses, e teria como objetivo diminuir os riscos reações adversas em pacientes portadores de próteses removíveis.

Yunus et al.⁶², também em 1994, avaliaram o efeito do aquecimento por microondas sobre o nível de monômero residual de uma resina acrílica convencional para reparo de próteses, bem como sobre a resistência à flexão dos reparos realizados. O grau de polimerização da resina foi avaliado por meio da análise do conteúdo de monômero residual, utilizando-se três diferentes métodos de polimerização: a temperatura ambiente, sob pressão e irradiação com microondas após a polimerização química. A resistência dos reparos foi avaliada nas mesmas condições. Para todos os grupos, a comparação do conteúdo de monômero residual, 1 hora após o preparo dos corpos-de-prova, revelou que o grupo polimerizado a temperatura ambiente apresentou o maior nível de monômero residual, seguido pelo grupo polimerizado sob pressão e, finalmente, pelo grupo submetido a irradiação com microondas, que apresentou os menores valores. Esses resultados sugerem que o monômero residual apresenta efeito significativo sobre a resistência dos reparos, ou seja, quanto menor o nível, maior a resistência obtida. Essa maior resistência, verificada após a irradiação com microondas, pode estar relacionada, segundo os autores, com o

menor nível de monômero residual obtido como resultado de um maior grau de polimerização.

As propriedades físicas e mecânicas das resinas acrílicas dependem, basicamente, de sua composição. Assim, Arima et al.³, em 1995, realizaram um estudo com o objetivo de comparar as propriedades de resinas indicadas para reembasamento do tipo imediato, contendo ou não agentes de ligação cruzada em sua composição, e de uma resina acrílica termopolimerizável utilizada na confecção de bases de prótese. As propriedades avaliadas foram a resistência flexural, a absorção de água e a solubilidade. Para os testes foram selecionadas seis marcas comerciais de resinas acrílicas para reembasamento (Rebaron - Rb, Tokuso Rebase- TN, Mild- Mi, Metabase- Mb, Kooliner- KL, New Tru Liner-NTL) e uma de resina termopolimerizável para base de prótese (Acron- Ac). A resina Tokuso Rebase, autopolimerizável, possui alta porcentagem do agente de ligação cruzada 1,6-hexanediol dimetacrilato, tendo como monômero o composto β -metacrilil oxietil propionato que apresenta duas ligações do tipo éster e forma cadeias poliméricas flexíveis, quando comparadas com o metilmetacrilato ou o 2-etil hexil metacrilato. A resina Kooliner, também autopolimerizável, não possui agentes de ligação cruzada ou plastificantes em sua composição, tendo como monômero o composto isobutil metacrilato. Os resultados demonstraram que a resistência flexural das resinas acrílicas para reembasamento imediato foi significativamente menor que a do material termopolimerizável. As resinas com agentes de ligação cruzada, Mb, TN e Mi, apresentaram maiores valores de resistência flexural e de módulo de elasticidade, quando comparadas às resinas sem esses agentes (KL, NTL), com exceção da resina Rb, que apresenta composição semelhante à da resina termopolimerizável (metil metacrilato). Da mesma forma, os materiais contendo agentes de ligação cruzada

apresentaram valores de absorção de água significativamente menores que a resina acrílica termopolimerizável Ac e que as resinas para reembasamento sem agentes de ligação cruzada. As resinas acrílicas para reembasamento imediato demonstraram, nos testes de solubilidade, valores significativamente maiores quando comparadas a resina Ac, com exceção da resina Mb. As resinas KL e TN demonstraram os valores de solubilidade mais altos. Segundo os autores, a solubilidade está relacionada com a perda de substâncias como monômero residual, plastificantes e iniciadores presentes na resina polimerizada.

No mesmo ano, Dogan et al.¹⁸ realizaram um estudo utilizando sete marcas comerciais de resinas para bases de próteses, comparando diferentes temperaturas e ciclos de polimerização. As resinas termopolimerizáveis foram polimerizadas em banho de água em ebulição por 30, 40 e 50 minutos e as autopolimerizáveis foram polimerizadas em banho de água, a temperaturas constantes (20, 25 e 30° C) por 30 minutos. Os resultados evidenciaram que o conteúdo de monômero residual nas amostras de uma das resinas termopolimerizáveis diminuiu de 2,44% para 0,96% com o aumento do tempo de polimerização de 30 para 50 minutos. Diminuição similar foi também observada para os demais materiais termopolimerizáveis. As resinas autopolimerizáveis apresentaram uma diminuição do nível de monômero residual relativamente pequena com o aumento da temperatura de 20 para 30° C. Com o aumento do tempo de polimerização, as resinas termopolimerizáveis apresentaram um aumento na resistência à tração e uma diminuição do nível de monômero residual, embora a porcentagem de alongamento não tenha variado muito. Quanto às resinas autopolimerizáveis, o nível de monômero residual diminuiu com o aumento da temperatura de polimerização, mantendo-se o tempo constante. Em relação à absorção de água, os valores diminuíram nos primeiros trinta minutos, segundo os autores, devido à perda de monômero residual próximo da superfície da resina. A seguir, houve um

aumento na massa das amostras até atingirem um valor constante após o período de 20 a 25 dias de armazenamento em água a 25°C. Os resultados evidenciaram, ainda, que a porcentagem de absorção de água foi maior nas amostras que continham níveis maiores de monômero residual. Segundo os autores, à medida que o tempo de polimerização aumenta, a ligação cruzada também aumenta, resultando em um polímero mais duro e com menor porosidade. Essas características podem dificultar a difusão da água dentro da matriz polimérica. Um outro aspecto salientado foi o de que a água se difunde dentro de espaços existentes no polímero e, dessa forma, quando o nível de monômero residual é alto, o número de espaços na resina, após sua liberação, também será alto e, conseqüentemente, a absorção de água será maior.

Considerando que a seleção dos materiais reembasadores deve ser realizada tendo-se como base propriedades físicas como estabilidade dimensional e que esta influenciaria diretamente na adaptação das bases das próteses, Cucci et al.¹³, em 1996, realizaram um estudo para avaliar as alterações dimensionais de duas resinas acrílicas autopolimerizáveis, Duraliner II e Kooliner, indicadas para o reembasamento do tipo imediato, e de uma resina acrílica termopolimerizável, Lucitone 550, utilizada tanto para a confecção como para o reembasamento mediato das bases das próteses. Para avaliar as alterações dimensionais foram realizadas mensurações entre pontos de referência, presentes na matriz utilizada para obtenção dos corpos-de-prova, verificando as diferenças entre essas medidas e aquelas obtidas entre os mesmos pontos, que eram reproduzidos nos corpos-de-prova. As mensurações foram realizadas logo após a polimerização, e após armazenamento em água a 37° C por 24, 48, 72 e 96 horas, 7 e 14 dias, 1 e 2 meses. Todos os materiais testados apresentaram alterações dimensionais imediatamente após seu processamento. Após o armazenamento em água, as amostras confeccionadas com resina Duraliner II

exibiram a maior porcentagem de alteração dimensional e essa contração foi maior que àquela comumente observada para as resinas acrílicas autopolimerizáveis convencionais. Esse fato foi relacionado com a proporção entre líquido e pó recomendada para o Duraliner II, que é maior que as das outras resinas avaliadas. As resinas Lucitone 550 e Kooliner exibiram as menores alterações dimensionais, com diferenças não estatisticamente significantes.

Cucci et al.¹⁵, em 1998, realizaram um estudo comparando as propriedades de absorção de água e solubilidade de duas resinas autopolimerizáveis indicadas para o reembasamento do tipo imediato, Duraliner II e Kooliner, e de uma resina termopolimerizável, Lucitone 550, utilizada na confecção de bases de próteses. Foi avaliada, ainda, a resistência de união entre as resinas para reembasamento e a resina de base, por meio de testes de resistência transversa. Os resultados evidenciaram que as resinas Kooliner e Lucitone 550 não demonstraram valores estatisticamente diferentes quanto à absorção de água, enquanto a resina Duraliner II apresentou valores estatisticamente menores. A menor absorção de água da resina Duraliner II foi relacionada com a alta proporção líquido/pó desse material, quando comparada às outras resinas, o que, provavelmente, proporcionou um conteúdo de monômero residual maior nas amostras desse material. Quanto à solubilidade, os resultados não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre as três resinas testadas. Com relação à resistência de união, a resina Kooliner apresentou resistência de união significativamente menor e as fraturas observadas foram do tipo adesiva. As falhas ocorridas na resina Duraliner II foram, principalmente, coesivas, e a resistência de união foi maior que aquela obtida com a resina Kooliner.

Ainda em 1998, Vallittu et al.⁵⁴ realizaram um estudo com o objetivo de verificar os efeitos da temperatura e do tempo de polimerização sobre o conteúdo de monômero residual presente nas resinas acrílicas indicadas para bases de próteses. Foram utilizadas duas resinas autopolimerizáveis, Palapress Vario (Heraus Kulzer) e ProBase Cold (Ivoclar), e duas resinas termopolimerizáveis, ProBase Hot (Ivoclar) e Lucitone 199 (Dentsply). Os resultados demonstraram que as resinas autopolimerizáveis apresentaram quantidade de monômero residual consideravelmente maior quando comparadas às resinas termopolimerizáveis. Além disso, o aumento na temperatura durante a polimerização das resinas acrílicas autopolimerizáveis de 30°C para 60°C reduziu a quantidade de metilmetacrilato (MMA), de 4,6 % para 3,3 %, em massa, provavelmente devido à menor temperatura de transição vítrea da matriz dos polímeros autopolimerizáveis. As resinas termopolimerizáveis submetidas a um ciclo de polimerização a temperatura de 70°C, seguido por um período a 100°C, apresentaram uma diminuição significativa da concentração de MMA quando comparadas às resinas termopolimerizáveis submetidas a ciclos a temperatura de 70°C somente. As resinas termopolimerizadas, submetidas a ciclo longo à temperatura de 100°C por 12 horas, apresentaram o menor conteúdo de MMA (0,07 % em massa). Os resultados obtidos sugerem que a temperatura e o tempo de polimerização afetam consideravelmente o conteúdo de monômero residual presente nas resinas acrílicas para base de próteses.

No ano seguinte, Mello³⁹ realizou um estudo a fim de verificar os efeitos do polimento químico e de ciclos complementares de polimerização sobre a liberação de monômero, resistência flexural e dureza superficial e interna de uma resina acrílica autopolimerizável. Os corpos-de-prova confeccionados com a resina acrílica autopolimerizável Jet Clássico, foram divididos em quatro grupos experimentais. No grupo

1, as amostras foram submetidas ao polimento mecânico somente. No grupo 2, foram submetidas ao polimento químico. Para os grupos 3 e 4, após o polimento químico, as amostras foram submetidas à irradiação por energia de microondas (3 minutos numa potência de 450W) ou à imersão em água aquecida (65°C por 60 minutos). Após a tabulação e análise estatística dos resultados, o autor verificou que o polimento químico aumentou o nível de monômero residual liberado, diminuiu a resistência transversa da resina e não alterou os valores de microdureza interna. Além disso, o autor sugere que a irradiação por microondas e a imersão em água aquecida podem ser utilizadas para reduzir os níveis de monômero residual no primeiro dia após a polimerização.

Blagojevic & Murphy⁹, em 1999, avaliaram três resinas acrílicas, sendo um homopolímero, sem agentes de ligação cruzada, uma resina indicada para polimerização em microondas e uma termopolimerizável convencional (banho de água). Paralelamente, uma resina autopolimerizável também foi avaliada em duas diferentes condições: polimerização por ativação química somente e polimerização química seguida de irradiação com microondas por 3 minutos a 600 Watts. Os autores avaliaram o peso molecular, a dureza, a resistência ao impacto, o módulo de elasticidade em flexão, o conteúdo de monômero residual e a temperatura de transição vítrea. Os autores observaram que a resistência ao impacto e a temperatura de transição vítrea da resina autopolimerizável aumentaram após a irradiação com energia de microondas, enquanto o módulo elástico diminuiu. Além disso, o conteúdo de monômero residual, observado após essa irradiação, foi, aproximadamente, quatro vezes menor que aquele obtido com a polimerização química somente.

A concentração de metilmetacrilato (MMA) tem sido amplamente utilizada para se avaliar diferentes aspectos entre os quais a eficiência da conversão de

polimerização e sua relação com as propriedades físicas e mecânicas. Atualmente, os materiais denominados reembasadores macios permanentes necessitam de um segundo ciclo de termopolimerização após a presa da resina para base de prótese. Um segundo ciclo de termopolimerização poderia afetar a concentração de monômero residual, que por sua vez poderia afetar as propriedades mecânicas das próteses. Diante dessas considerações, Shim & Watts⁴⁸, ainda em 1999, realizaram um estudo com objetivo de avaliar a concentração de MMA, após um segundo ciclo de polimerização. Para isso, foram utilizadas 2 resinas termopolimerizáveis (Lucitone 199 e Trevalon). Foram confeccionadas seis amostras experimentais para cada uma das seis condições testadas: ciclo curto (S) = 73°C/90 min.+100°C/30min; ciclo longo (L) = 73°C/9 horas; ciclos duplos: (SM) = S + 100°C/2 horas e (LM) = L + 100°C/2 horas, para simular um segundo ciclo ao qual as resinas de base são submetidas quando se utiliza um material reembasador macio, como por exemplo o Molloplast. As amostras foram submetidas ao segundo ciclo, após armazenamento por 24 horas, na própria mufla. Os autores verificaram que o ciclo adicional de polimerização proporcionou uma redução estatisticamente significativa na concentração do MMA das resinas de base avaliadas e que essa redução pode contribuir para a melhoria das suas propriedades mecânicas.

Em 2002, Machado et al.³⁵, analisaram o efeito de um tratamento térmico por imersão em água aquecida a 55 °C por 10 minutos, sobre a alteração dimensional linear da resina para reembasamento Duraliner II, utilizando como parâmetro de comparação a resina termopolimerizável Lucitone 550, a qual foi não tendo sido submetida ao referido tratamento. Para isso foram confeccionados seis corpos-de-prova para cada condição experimental, com 50 mm de diâmetro e 0,5 mm de espessura, utilizando-se uma matriz metálica que apresentava quatro pontos de referência. As mensurações entre esses pontos

foram realizadas nos corpos-de-prova imediatamente após a polimerização e após o armazenamento em água destilada a 37⁰C por 24, 48, 72 e 96 horas, 7 e 14 dias, 1 e 2 meses. Os valores obtidos foram comparados com aqueles da matriz metálica e as diferenças foram submetidas a análise estatística. Os resultados revelaram que o tratamento térmico promoveu maior contração do material Duraliner II imediatamente após a polimerização. Essa maior contração, segundo os autores, poderia estar relacionada a um aumento no grau de conservação induzido pelo tratamento térmico. Embora todos os corpos-de-prova do material Duraliner II apresentasse uma tendência a um aumento na contração após o armazenamento em água, os corpos-de-prova tratados termicamente mostraram menor contração. Considerando que a proporção líquido/pó recomendada para a resina Duraliner II é maior a da Lucitone 550, provavelmente, o conteúdo de monômero residual na resina para reembasamento imediato é maior. Assim, a maior contração observada para a resina Duraliner II, após o armazenamento em água, poderia, segundo os autores, ser devida a conversão continuada de monômero residual em polímero. Além disso, a alteração dimensional observada com este material nas duas condições avaliadas (com e sem tratamento térmico) foi significativamente maior que aquela observada com a resina Lucitone 550.

Proposição

O objetivo desse estudo foi:

1) avaliar comparativamente, o efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre a resistência à abrasão por escovação, através da perda de massa, de três resinas indicadas para reembasamento imediato e de uma resina termopolimerizável utilizada na confecção de bases de próteses.

2) o efeito da escovação e dos tratamentos térmicos sobre as características superficiais dos materiais citados acima, por meio da mensuração da rugosidade superficial e da análise em microscopia eletrônica de varredura.

Material e Método

4) MATERIAL E MÉTODO

Para a realização da etapa experimental desta pesquisa foram utilizados os seguintes materiais, instrumentos e aparelhos:

4.1) MATERIAL

4.1.1. Resina para base de prótese termopolimerizável Lucitone 550, fabricada por **Dentsply Caulk Indústria e Comércio Ltda, Sigla L.** Lote nº: Pó – 65173; Líquido – 64979.

4.1.2. Resina para reembasamento imediato autopolimerizável Kooliner, fabricada por **GC America Inc., Sigla K.** Lote nº: Pó - 051000B; Líquido – 062900A.

4.1.3. Resina para reembasamento imediato autopolimerizável Duraliner II, fabricada por **Reliance Dental Mfg. Co., Sigla D.** Lote nº: Pó - 031501; Líquido – 012201.

4.1.4. Resina para reembasamento imediato autopolimerizável Tokuso Rebase, fabricada por **Tokuyama Co., Ltd, Sigla T.** Lote nº: Pó – 437; Líquido – 094.

4.1.5. Silicona de condensação de consistência pesada, marca ZETAPLUS, fabricado por **Zhermack S.p.A.**

4.1.6. Ativador Indurent Gel, fabricado por **Zhermack S.p.A.**

4.1.7. Gesso tipo IV especial, Marca Vel-Mix Stone, fabricado por **Kerr Corporation.**

4.1.8. Lixa d'água marca Norton, granulações 400 e 600.

4.1.9 Lenços de papel, marca Softy's, fabricado por **Melhoramentos**

Papéis Ltda.

4.1.10 Água deionizada.

4.1.11 Água destilada.

4.1.12 Vaselina sólida.

4.1.13 Isolante para resina acrílica, marca Cel-Lac, fabricado por **SS**

White.

4.1.15. Filme plástico para retroprojektor, fabricado por **Image Light**, São Paulo – SP.

4.1.16. Sílica, marca Synth.

4.1.17. Escovas dentais da marca Tek, do tipo dura, fabricada por

Johnson & Johnson Indústria e Comércio Ltda.

4.1.18. Creme Dental Colgate Bicarbonato de sódio, fabricado por

Colgate – Palmolive Divisão Kolinos do Brasil Ltda.

4.1.19. Adesivo instantâneo universal (éster de cianoacrilato), marca Super Bonder, fabricado por **Henkel Loctite Adesivos Ltda.**

4.2) INSTRUMENTOS

4.2.1. Matriz retangular em aço inoxidável com 54 mm de comprimento, 20 mm largura e 2 mm de altura com uma cavidade interna com 40 mm de comprimento, 10 mm de largura e 2 mm de altura.

4.2.2. Mufla metálica com parafusos, fabricada por **DCL**.

4.2.3. Lâmina de bisturi nº 15, fabricada por **Hercos**.

4.2.4. Placas de vidro.

4.2.5. Lâminas de vidro, com 50 mm de comprimento, 15 mm de largura e 3 mm de espessura.

4.2.6. Gral e espátula para gesso.

4.2.7. Seringa de vidro hipodérmica, marca Flex, fabricada por **Ind. Cir. e Opt. S/A Com. Imp. e Exp.**

4.2.8. Pote de vidro com tampa, fabricado por **Jon**.

4.2.9. Pincel nº 2, marca **Tigre**.

4.2.10. Disco de Carburundum, fabricado por **Labor Dental**, São Paulo – SP.

4.2.11. Ponta diamantada nº 3145, fabricado por **GN Injecta Produtos Odontológicos Ltda.**

4.2.12. Adaptador para contra ângulo.

4.2.13. Pipeta de vidro graduada de 1 mL, fabricada por **Pyrex**.

4.2.14. Pipetador de borracha, fabricado por **Nalgon**.

4.2.15. Pinça clínica, marca Duflex, fabricado por **S.S. White**.

4.2.16. Espátula de aço nº 36, marca Duflex, fabricado por **S.S. White**.

4.2.17. Recipientes plásticos com tampa (dessecadores).

4.3) APARELHOS

4.3.1. Máquina de ensaios desenvolvida pela Disciplina de Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, para a realização dos testes de escovação.

4.3.2. Estufa Olidef Cz – Estufa de cultura modelo 002 CB, fabricada por **Fanem**, São Paulo, Brasil.

4.3.3. Prensa hidráulica, fabricada por **Delta Máquinas Especiais Ind. Bras.**, Vinhedo – SP.

4.3.4. Prensa manual.

4.3.6. Polimerizadora automática, modelo P100, fabricado por **Termotron Equip. Ltda.**

4.3.7. Balança Digital BG 400, fabricada por **Ind. e Com. Eletro-Eletrônica Gehaka Ltda.**

4.3.8. Balança analítica, marca Nagema, fabricada por **Kombinat Nagema**, sensível a 0,0001 grama.

4.3.9. Metalizador: Edwards S150b.

4.3.10. Microscópio Eletrônico de Varredura, modelo JEOL JSM – T33AO Scanning Microscope, tensão: 20 KV.

4.3.11. Rugosímetro Digital Prazis Rug-03., Argentina.

4.3.12. Micromotor de baixa rotação, fabricado por **Dabi Atlante**, Ribeirão Preto – SP.

4.3.13. Peça reta fabricado por **Dabi Atlante**, Ribeirão Preto – SP.

4.3.14. Termômetro.

4.3.15. Vibrador para gesso.

4.3.16. Plastificador de godiva, fabricado por **Righeto e Cia**, Campinas –
SP.

4.3.17. Microondas, marca Sensor Crisp 38, com dupla emissão de ondas,
fabricado por **Brastemp S/A**, Manaus - AM.

4.4) MÉTODO

4.4.1) Planejamento experimental

Para o estudo dos efeitos da escovação e dos tratamentos térmicos sobre as resinas acrílicas testadas foi realizada experimentação preliminar com objetivo de se determinar: a quantidade de material necessário para a confecção de cada corpo-de-prova, metodologias apropriadas para a confecção das amostras, realização dos ensaios de abrasão bem como a obtenção dos resultados.

Com o objetivo de se transformar as proporções recomendadas pelos fabricantes das resinas autopolimerizáveis, em valores mensuráveis em peso e volume, para o pó e líquido, respectivamente, inicialmente, a quantidade volumétrica de pó, contida na embalagem que acompanha os materiais, foi pesada por 10 vezes sucessivas, tendo sido a média entre esses valores considerada como a proporção do pó, em peso, recomendada. Quanto ao líquido, a quantidade volumétrica, contida na embalagem fornecida pelo fabricante, foi mensurada através de uma pipeta também por 10 vezes sucessivas, e a média entre esses valores foi considerada com sendo a proporção, em mL, de líquido recomendada. Dessa forma, foi possível estabelecer, em peso e volume, a correta relação pó/líquido de cada um dos materiais avaliados.

Além disso, testes preliminares foram realizados com o objetivo de se definir a quantidade necessária de material a ser utilizado na confecção de cada corpo-de-prova, de modo que a cavidade do molde fosse adequadamente preenchida, sem excessos desnecessários.

Esses testes, cujos resultados permitiram analisar as várias condições e situações de trabalho, reduzir ao mínimo a indução de erros experimentais, forneceram

também subsídios para a definição das várias etapas do trabalho e permitiram o acerto dos detalhes técnicos, práticos e de treinamento do pesquisador que participou da execução de cada uma das fases.

4.4.2) Planejamento estatístico

Neste estudo, a variável de análise considerada foi a perda de massa. Os fatores avaliados foram: **Material**, em 4 níveis e **Tratamento**, em 3 níveis. Foram confeccionadas 8 repetições para cada condição experimental, perfazendo o modelo fatorial 4X3X8, num total de 96 corpos-de-prova.

Para avaliar o efeito da escovação e dos tratamentos sobre as características superficiais dos materiais, a variável de análise da rugosidade superficial. Os fatores **Material** e **Tratamento** foram os mesmos da avaliação de perda de massa, com 4 e 3 níveis, respectivamente. Entretanto, o número de repetições para essa avaliação foi de 10 para cada condição experimental, perfazendo o modelo fatorial 4X3X10, num total de 120 corpos-de-prova.

Para a análise estatística dos resultados obtidos foi utilizado o software GMC 7.7, desenvolvido pelo Prof. Dr. Geraldo Maia Campos, do Departamento de Morfologia, Estomatologia e Fisiologia da Faculdade de Odontologia de Ribeirão Preto – USP.

4.4.3) Obtenção dos corpos-de-prova

Para a realização da parte experimental dessa pesquisa foram selecionadas as resinas acrílicas apresentadas no quadro 1:

Quadro 1 - Materiais utilizados.

Material	Sigla
Lucitone 550	L
Duraliner II	D
Kooliner	K
Tokuso Rebase	T

Os materiais D, K e T são resinas acrílicas autopolimerizáveis indicadas para reembasamento do tipo imediato. A resina L é uma resina do tipo termopolimerizável convencional, amplamente utilizada tanto na confecção de bases de próteses como também para a realização do reembasamento do tipo mediato, tendo sido incluída nesta pesquisa como parâmetro de comparação.

Para a obtenção dos corpos-de-prova foi confeccionada uma matriz retangular em aço inoxidável com as seguintes dimensões: 54 mm de comprimento, 20 mm largura e 2 mm de altura. Essa matriz apresenta uma cavidade interna com 40 mm de comprimento, 10 mm de largura e 2 mm de altura. Apresenta, ainda, um sulco lateral de escape que une a cavidade interna à parte externa da matriz, cujo objetivo é permitir o extravasamento de possíveis excessos de material durante a confecção dos corpos-de-prova (Figura 1).

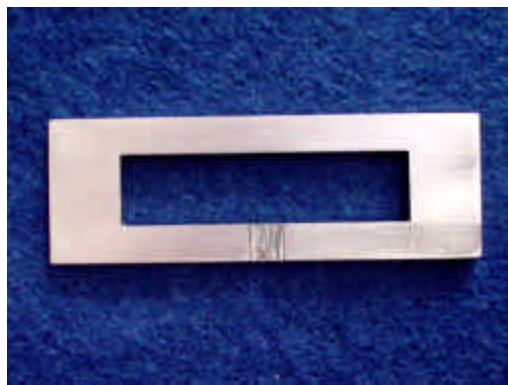


Figura 1 - Matriz em aço vazada.

4.4.3.1) Procedimentos para a confecção dos corpos-de-prova da resina termopolimerizável Lucitone 550 (L).

Inicialmente, a matriz era isolada com vaselina e posicionada sobre uma placa de vidro. A seguir, uma porção de silicona de condensação era manipulada de acordo com as instruções do fabricante e inserida na cavidade interna da matriz metálica. Uma outra placa de vidro era, então, pressionada, manualmente, sobre a silicona, até seu contato com a matriz metálica, sendo mantida durante a polimerização do material. Em seguida, a silicona era cuidadosamente removida da matriz metálica. O padrão obtido (40 mm X 10 mm X 2 mm) era, então, fixado nas suas extremidades, a uma lâmina de vidro (50 mm X 15 mm X 3 mm) utilizando-se adesivo instantâneo universal. O conjunto silicona/placa de vidro era, então, incluído na parte inferior da mufla, utilizando-se gesso tipo IV, de maneira convencional. Após a presa do gesso, sua superfície era isolada com Cel-Lac e, a seguir, uma outra lâmina de vidro era fixada sobre as extremidades do padrão de silicona, utilizando-se adesivo instantâneo universal. A contra-mufla era, então, posicionada e

preenchida com gesso. As lâminas de vidro foram utilizadas com o objetivo de se obter corpos-de-prova com superfícies lisas.

Após a presa do gesso, a mufla era aberta e o padrão de silicone removido, obtendo-se, dessa forma, os moldes para a confecção dos corpos-de-prova da resina termopolimerizável Lucitone 550 (L) (Figura 2).



Figura 2 - Molde utilizado para a confecção dos corpos-de-prova da resina Lucitone 550 (L).

Para se definir a quantidade suficiente para a confecção de cada corpo-de-prova da resina Lucitone 550 (L), inicialmente foram realizados testes preliminares, por meio dos quais foi estabelecida a relação: 2,1 g de pó para 1 ml de líquido. Após a correta proporção, obtida por meio da pesagem do pó, utilizando-se balança eletrônica digital, e da mensuração do volume do líquido, utilizando-se pipeta volumétrica, a resina era manipulada em um pote de vidro durante 30 segundos, aguardando-se sua fase plástica. A seguir, o molde obtido na mufla era inicialmente isolado com Cel-Lac e então, preenchido com a resina, utilizando-se uma espátula 36, a mufla era fechada, com auxílio dos parafusos, e levada para a prensa hidráulica, sendo mantida sob força de 0,25 Kgf.

Decorridos trinta minutos da prensagem inicial, a mufla era, então, transferida para uma prensa manual. A seguir, era iniciado o ciclo de polimerização, realizado sob compressão, em água à temperatura de 73° C por 90 minutos e mais 30 minutos à temperatura de 100° C. Ao final do ciclo de polimerização, procedia-se ao resfriamento em temperatura ambiente por 30 minutos, quando, então, a mufla era imersa em água corrente por 15 minutos sendo, posteriormente, aberta para a remoção do corpo-de-prova (Figura 3).



**Figura 3 – Corpo-de-prova confeccionado com a resina acrílica termopolimerizável
Lucitone 550 (L).**

4.4.3.2) Procedimentos para a confecção dos corpos-de-prova das resinas para reembasamento imediato: Duraliner II (D), Kooliner (K) e Tokuso Rebase (T).

Tendo em vista que as resinas para reembasamento imediato são autopolimerizáveis, os corpos-de-prova desses materiais foram confeccionados sem a necessidade de inclusão em mufla. Dessa forma, inicialmente, a matriz metálica era isolada com vaselina e posicionada sobre uma placa de vidro recoberta com filme plástico para retroprojektor. A seguir, as resinas para reembasamento eram proporcionadas, tomando-se como base as instruções dos respectivos fabricantes e a quantidade de material necessária para a confecção de cada corpo-de-prova, determinada por meio de testes iniciais (Quadro

2). As proporções foram corretamente estabelecidas utilizando-se balança digital eletrônica e pipeta volumétrica.

Quadro 2 – Proporções pó/líquido utilizadas para cada material.

Material	Proporção utilizada
D	1g/1ml
K	1,4g/1ml
T	2,056g/1ml

A seguir, os materiais eram colocados em um pote para resina e homogeneizados com uma espátula de aço e manipulados durante 30 segundos para os materiais K e D e por 10 segundos para o material T, seguindo-se as instruções dos fabricantes. Em seguida, o pote para resina era fechado com sua tampa, aguardando-se um minuto. O material era, então, removido e inserido na cavidade interna da matriz. Uma outra placa de vidro, também recoberta com filme plástico para retroprojeter, era pressionada manualmente sobre o material, até seu contato com a matriz metálica. A seguir, todo o conjunto (placas de vidro, filme plástico para retroprojeter, matriz e resina) era levado a uma prensa hidráulica a uma força de 0,25 Kgf, até completar-se o período de polimerização recomendado pelos fabricantes (D - 12 minutos; K - 10 minutos; T - 8 minutos), contado a partir do início do procedimento. A seguir, o corpo-de-prova era removido da matriz.

Após a obtenção dos corpos-de-prova de todas as resinas acrílicas avaliadas, quaisquer irregularidades que poderiam interferir com o seu encaixe na máquina de escovação, foram removidas manualmente, utilizando-se lixas.

Conforme descrito no planejamento estatístico, foram confeccionados 54 corpos-de-prova de cada material, os quais foram divididos em 3 grupos. Para cada grupo,

8 corpos-de-prova foram utilizados para a avaliação da perda de massa e 10 para a análise da rugosidade superficial, de acordo com as condições experimentais avaliadas, descritas a seguir:

Grupo 1 (Controle) - Neste grupo, os corpos-de-prova não foram submetidos a nenhum tipo de tratamento após a polimerização. Somente para a resina termopolimerizável Lucitone 550 (L), os corpos-de-prova foram armazenados por $48 \text{ h} \pm 2$ horas em água destilada a 37°C^1 .

Grupo 2 – Os corpos-de-prova deste grupo foram submetidos ao tratamento térmico por imersão. Para isso, os corpos-de-prova eram imersos, individualmente, em um plastificador de godiva contendo água aquecida a 55°C . Essa temperatura era regulada por meio do termostato do aparelho e confirmada através de um termômetro. Para a resina termopolimerizável Lucitone 550 (L), os corpos-de-prova eram submetidos ao banho de água por 60 minutos, enquanto para as resinas indicadas para reembasamento imediato, o período de imersão utilizado foi de 10 minutos. Decorrido o período de imersão estabelecido para cada material, os corpos-de-prova eram removidos, secos com papel absorvente e resfriados sobre a bancada até a temperatura ambiente.

Grupo 3 – Os corpos-de-prova deste grupo foram submetidos ao tratamento térmico por irradiação com energia de microondas. Para isso, os corpos-de-prova eram colocados, individualmente, sobre um suporte plástico com 20 mm de altura, fornecido pelo fabricante do forno de microondas, posicionado no centro do prato giratório. O aparelho era, então, regulado com relação ao tempo e à potência de irradiação, específicos para cada material (Quadro 3). Esses tempos e potências foram estabelecidos em estudo prévio que avaliou o efeito de diferentes combinações sobre as propriedades de resistência à flexão e dureza desses materiais^{42,46}.

Quadro 3 – Tempos e potências de irradiação.

Materi al	Tempo/potência
L	3 minutos/ 500 Watts
K	5 minutos/ 550 Watts
D	4 minutos/ 650 Watts
T	4 minutos/ 550 Watts

Após o tratamento, os corpos-de-prova eram removidos e resfriados sobre a bancada até a temperatura ambiente. É importante salientar que, após cada tratamento térmico, aguardava-se o resfriamento do forno de microondas antes de se submeter um novo corpo-de-prova à irradiação.

Os tratamentos térmicos eram realizados após a polimerização das resinas autopolimerizáveis e após o armazenamento em água a 37°C por 48 horas \pm 2 horas para a resina termopolimerizável.

4.4.4) Testes de abrasão por escovação

Para a realização dos testes de abrasão por escovação foi utilizada uma máquina de ensaios desenvolvida na disciplina de Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP (Figura 4).



Figura 4 - Máquina de escovação (vista frontal).

Na parte superior da máquina, encontra-se uma base horizontal metálica que apresenta cinco cavidades retangulares, nas quais os corpos-de-prova eram posicionados durante os ensaios de escovação. Essas cavidades apresentam as mesmas dimensões dos corpos-de-prova (40 mm de comprimento, 10 mm de largura e 2 mm de profundidade) permitindo, dessa forma, o encaixe correto dos mesmos (Figura 5, letra a).



Figura 5 - Máquina de escovação (vista superior).

A base horizontal apresenta, ainda, elevações em metal com 33 mm de altura, que contornam as cavidades retangulares, formando um recipiente para conter a solução água/dentifrício, permitindo que os corpos-de-prova permanecessem imersos durante a realização dos ensaios (Figura 5, letra b). Na parte posterior desse recipiente, foi acoplado um tubo para drenagem das soluções, bem como a limpeza entre os testes de diferentes materiais, removendo, assim, qualquer resíduo de dentifrício. A máquina apresenta, também, duas placas metálicas com perfurações, posicionadas sobre as paredes

laterais do recipiente. Essas placas permitiam que, durante os ensaios de escovação, a solução água/dentífrico fosse agitada continuamente, minimizando, assim, a deposição de partículas abrasivas presentes no meio de imersão (Figura 6).



Figura 6 - Placas metálicas perfuradas para permitir agitação da solução água/dentífrico durante os ensaios.

Na parte superior da máquina encontram-se, também, 5 dispositivos metálicos para o encaixe das pontas ativas das escovas dentais, de tal forma que as pontas das cerdas mantivessem contato com a superfície dos corpos-de-prova durante os testes de escovação. Inicialmente, os cabos das escovas eram seccionados separando-se as pontas ativas. Essas pontas eram, então, posicionadas nos dispositivos metálicos que permitiam sua apreensão por meio de parafusos (Figura 5, letra c). Esses dispositivos apresentam, na sua parte superior, pinos metálicos sobre os quais são posicionados cilindros, confeccionados em latão, exercendo, dessa forma, uma força constante de 200 g sobre as pontas ativas das escovas durante os testes de escovação. (Figura 5, letra d)^{11, 24, 40, 51, 56}.

A base horizontal da máquina desloca-se horizontalmente com movimentos cíclicos de amplitude controlada. Para este estudo, essa amplitude foi programada de tal forma que o deslocamento linear das escovas fosse de 18 mm para cada lado.

Durante os testes de escovação, o controle C.P.M. (ciclos por minuto) presente na parte anterior da máquina (Figura 4, letra a), que regula o número de movimentos horizontais cíclicos da mesa, foi ajustado para o seu nível máximo, permitindo a realização de 3.600 ciclos por hora. Na parte anterior a máquina apresenta, também, um contador de ciclos que registra o número de ciclos realizados até o valor de 99.999 (Figura 4, letra b). Neste estudo o número total de ciclos realizados, em cada teste, foi de 20.000 ⁴⁷,
52.

A resistência à abrasão por escovação dos materiais testados, bem como o efeito dos tratamentos térmicos sobre essa propriedade foram avaliados por meio da perda de massa. Além disso, os efeitos da escovação e dos tratamentos sobre as características superficiais dos materiais foram avaliados por meio da rugosidade superficial. A perda de massa foi avaliada por meio de pesagem dos corpos-de-prova em uma balança analítica com precisão de 0,1 mg e a rugosidade superficial foi analisada utilizando-se um rugosímetro digital, com precisão de leitura de 0,01 μm que proporciona os valores em Ra (“*Roughness average*”).

Com o objetivo de se padronizar o posicionamento dos corpos-de-prova no rugosímetro assim como a área de leitura da rugosidade, inicialmente, três linhas de referência, distantes 2 mm entre si, foram traçadas, com grafite, nas superfícies laterais dos corpos-de-prova, no sentido do seu comprimento. A localização exata dessas linhas foi estabelecida em testes iniciais, de tal forma que, ao posicionar o corpo-de-prova no rugosímetro, a leitura da rugosidade fosse realizada na área central, correspondente à região de atuação das cerdas das escovas durante os ensaios de escovação. Para que essas linhas bilaterais permanecessem inalteradas durante todo o experimento, sobre elas foram, então,

realizados desgastes utilizando-se uma ponta diamantada em baixa rotação, tendo-se o cuidado de não atingir a superfície que seria submetida aos ensaios de escovação.

Para se avaliar a resistência à abrasão por meio da perda de massa, após a realização das linhas de referência, os corpos-de-prova foram, então, pesados. A seguir, eram colocados em dessecadores confeccionados utilizando-se recipientes plásticos, com tampa, contendo sílica em seu interior (Figura 7) evitando, dessa forma, que corpos-de-prova de grupos diferentes fossem submetidos ao mesmo ambiente. A seguir, esses dessecadores eram colocados em estufa, regulada para a temperatura de 37° C, durante 24 horas. Após esse período, os corpos-de-prova eram colocados em outros dessecadores, sendo mantidos à temperatura ambiente por 60 minutos, quando então, eram pesados novamente. Esse ciclo era repetido até que a diferença entre pesagens sucessivas fosse inferior a 0,5 mg, evidenciando, assim, que os materiais haviam atingido massa considerada constante. ¹ Em cada uma dessas etapas, os corpos-de-prova eram pesados 5 vezes, considerando-se a média desses valores a massa obtida.



Figura 7 – Recipiente plástico utilizado para dessecar os corpos-de-prova.

Após a obtenção da massa constante inicial e imediatamente antes dos ensaios de escovação, os corpos-de-prova eram lavados em água corrente e, em seguida, secos cuidadosamente com lenços de papel absorvente. A seguir, os corpos-de-prova eram

levados ao rugosímetro de tal forma que as linhas laterais de referência coincidisse com a superfície metálica do aparelho situada à direita da ponta ativa (Figura 8). A mensuração da rugosidade superficial era, então, realizada em uma direção perpendicular aos ciclos de escovação, numa extensão de 0,8 cm, com o objetivo de se detectar os possíveis sulcos proporcionados, posteriormente, pelos testes. Por meio da orientação obtida com as linhas de referência, três leituras, distantes 2 mm entre si, eram realizadas na área central de cada corpo-de-prova, tendo sido a média obtida considerada como o valor em Ra da rugosidade inicial.



Figura 8 - Corpo-de-prova sendo posicionado de acordo com as linhas de referência preparadas nas superfícies laterais.

Realizadas as leituras, os corpos-de-prova eram, então, posicionados nas cavidades retangulares da base horizontal da máquina de escovação. Para a definição da ordem dos grupos a serem testados foi realizado um sorteio aleatório entre as condições avaliadas, com o objetivo de se diminuir o erro experimental.

Neste estudo, foi utilizada a escova dental da marca Tek, do tipo dura, tendo sido considerados, para essa seleção, a qualidade (produto aprovado pela Associação Brasileira de Odontologia) e o custo acessível. Foi selecionado, ainda, o creme dental

Colgate Bicarbonato de Sódio, contendo os abrasivos bicarbonato de sódio e carbonato de cálcio (Figura 9). A seleção tanto da escova como do creme dental foi realizada por considerarmos interessante avaliar os materiais em condições que simulem situações mais críticas de higienização.



Figura 9 – Creme e escova dental selecionados para este estudo.

Inicialmente, as pontas ativas das escovas eram seccionadas e fixadas, por meio de parafusos, nos dispositivos metálicos próprios para essa finalidade (Figura 10). Esses dispositivos eram, então, colocados na máquina de escovação e os pinos metálicos com os cilindros de latão eram posicionados para que o conjunto exercesse a força programada (200 gramas) sobre as pontas ativas das escovas.



Figura 10 - Fixação das pontas ativas das escovas dentais.

O recipiente presente na base horizontal da máquina de escovação era, então, preenchido com uma solução preparada utilizando-se água deionizada e o dentifrício na proporção de 1:1 em massa.^{12, 56, 60} Após a realização de testes iniciais, verificou-se que a massa total ideal, para que os corpos-de-prova permanecessem totalmente imersos durante os testes de escovação, era de 400 gramas (dentifrício e água deionizada).

Após a programação da máquina com relação ao número de ciclos por minuto, os ensaios de abrasão por escovação eram iniciados, tendo sido realizados no laboratório de pesquisa do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, sob ambiente climatizado, numa temperatura de 25⁰ – 30⁰C.

Imediatamente após os 20.000 ciclos de escovação, os corpos-de-prova eram lavados em água corrente e cuidadosamente secos com lenços de papel absorvente. A seguir, os corpos-de-prova eram posicionados no rugosímetro, de forma padronizada, tomando-se como referência as linhas bilaterais, conforme relatado anteriormente. As três leituras eram realizadas, obtendo-se, assim, a média correspondente ao valor de rugosidade superficial final, em Ra. Após essas leituras, os corpos-de-prova eram novamente dessecados até atingirem massa considerada constante, seguindo-se os mesmos procedimentos descritos anteriormente. O valor obtido era considerado como a massa constante final de cada corpo-de-prova. A abrasão das resinas durante os ciclos de escovação era, então, determinada pela diferença entre a massa inicial e final de cada corpo-de-prova. Da mesma forma, a análise da rugosidade dos corpos-de-prova foi realizada imediatamente antes e após a escovação, determinando-se assim as alterações de superfícies ocorridas.

O efeito da ação abrasiva sobre as resinas foi também avaliado, qualitativamente, por meio da análise da superfície em microscópio eletrônico de varredura. Para isso, após os testes de escovação, dois corpos-de-prova de cada condição experimental avaliada foram fixados em dispositivos metálicos próprios para a colocação das amostras no microscópio. Em seguida, esses dispositivos eram levados ao metalizador para a deposição de uma camada aúrica sobre a superfície dos corpos-de-prova. Após esse procedimento, as amostras eram levadas ao aparelho para análise. Para cada condição experimental, também foram analisados dois corpos-de-prova antes dos testes de escovação, determinando-se, assim, as alterações de superfície ocorridas.

Resultados

5) RESULTADOS

5.1) PERDA DE MASSA

Por meio da pesagem de cada corpo-de-prova dessecado, realizada antes e após os testes de escovação, foram obtidos os valores de massa, inicial e final, em mg (média de 5 pesagens). As diferenças entre esses valores foram, então, calculadas, tendo sido utilizadas para avaliar, por meio da perda de massa, a resistência à abrasão por escovação dos materiais, bem como o efeito dos tratamentos térmicos sobre essa propriedade. Os valores originais bem como as diferenças calculadas encontram-se nas Tabelas 1 a 12 do Apêndice.

As diferenças obtidas foram, então, submetidas à análise estatística. Essa análise foi realizada para cada material (L, D, K, T), individualmente, comparando-se os três grupos experimentais avaliados (GI, GII e GIII).

Para atender a um dos requisitos para a aplicação da análise estatística pelo modelo de análise de variância, foram realizados, inicialmente, os testes de aderência à curva normal, cujos resultados indicaram que, para o material Lucitone 550 (L), os dados amostrais das condições experimentais ajustaram-se à distribuição normal de probabilidades (Tabela 13 do apêndice), enquanto os dados amostrais obtidos para os materiais Duraliner II (D), Kooliner (K) e Tokuso Rebase (T) não se ajustaram a essa distribuição normal (Tabelas 14 a 16 do apêndice). Dessa forma, os resultados do material Lucitone 550 (L) foram submetidos à análise de variância, e os resultados dos outros três materiais (D, K e T) foram analisados por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. O nível de significância utilizado foi de 5%, com exceção do material Tokuso

Rebae (T) para o qual o nível de significância utilizado foi de 1%. Os resultados desses testes estão apresentados nas Tabelas 1, 3, 5 e 7.

Tabela 1 – Análise de variância – Material Lucitone 550 (L).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Tratamento	2	517,7500	258,8750	2,06*
Resíduo	21	2644,7500	125,9450	
Varição total	23	3162,5000		

(*) diferença estatisticamente não significativa – $p > 0,05$

A Tabela 1 indica que o fator Tratamento não teve efeito significativo sobre a resistência à abrasão por escovação do material Lucitone 550 (L) ($p > 0,05$), tendo sido as médias obtidas, nos três grupos avaliados, estatisticamente iguais entre si (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de média de perda de massa para o material Lucitone 550 (L), em função dos grupos avaliados. (mg e %)

Grupos avaliados			
	G I (Controle)	G II (imersão em água)	G III (irradiação microondas)
mg	2,7	1,6	2,1
%	0.25	0.16	0.20

Tabela 3 – Teste de Kruskal-Wallis para a perda de massa do material Duraliner II (D).

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	4,3596
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	4,36
Probabilidade de Ho para esse valor:	11,31%
Não-significante ($\alpha > 0,05$)	

A Tabela 3 evidencia que, para o material Duraliner II (D), os tratamentos também não causaram efeito significativo sobre a perda de massa não causando efeito sobre a resistência à abrasão por escovação, não tendo sido verificadas diferenças estatisticamente significativas entre os grupos avaliados (Tabela 4).

Tabela 4 – Valores de média de perda de massa para o material Duraliner II (D), em função dos grupos avaliados. (mg e %)

	Grupos avaliados		
	G I (Controle)	G II (imersão em água)	G III (irradiação microondas)
mg	1,2	1,1	1,7
%	0.16	0.14	0.23

Tabela 5 – Teste de Kruskal-Wallis para a perda de massa do material Kooliner (K).

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	2,4578
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	2,46
Probabilidade de Ho para esse valor:	29,26%
Não significante ($\alpha > 0,05$)	

A análise da Tabela 5 demonstra que, para o material Kooliner (K), a resistência à abrasão por escovação não foi influenciada significativamente pelos tratamentos realizados, tendo sido observado que as diferenças entre os grupos avaliados não foram estatisticamente significantes (Tabela 6).

Tabela 6 – Valores de média de perda de massa para o material Kooliner (K), em função dos grupos avaliados. (mg e %)

Grupos avaliados			
	G I (Controle)	G II (imersão em água)	G III (irradiação microondas)
mg	2,1	1,5	1,4
%	0.27	0.20	0.18

Tabela 7 – Teste de Kruskal-Wallis para a perda de massa do material Tokuso Rebase (T).

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	12,0601
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	12,06
Probabilidade de H_0 para esse valor:	0,24%
Significante ($\alpha = 0,01$)	

A interpretação da Tabela 7 demonstra que os tratamentos realizados apresentaram efeito significativo sobre a resistência à abrasão do material Tokuso Rebase (T), tendo sido o menor valor médio de perda de massa observado para o grupo G I (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores de média de perda de massa para o material Tokuso Rebase (T), em função dos grupos avaliados. (mg e %)

Grupos avaliados			
	G I (Controle)	G II (imersão em água)	G III (irradiação microondas)
mg	0,5 a	1,9 b	1,8 b
%	0.07	0.23	0.22

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes

Valor crítico $\alpha = 7,7713$

Além da análise individual de cada material nos três grupos avaliados, as diferenças de massa observadas nos corpos-de-prova, antes e após os testes de escovação, também foram analisadas comparando-se todos os materiais em cada um dos grupos experimentais. Inicialmente, da mesma forma como foi realizada a análise individual de cada material, os resultados obtidos foram submetidos ao teste de aderência à curva normal de probabilidades (Tabelas 17 a 19 do apêndice).

Os testes de aderência revelaram que para os três grupos avaliados, os dados amostrais ajustaram-se à curva normal de probabilidades. Dessa forma, os resultados foram, então, submetidos à análise de variância cujos resumos encontram-se nas Tabelas 9, 11 e 12.

Tabela 9 – Análise de variância – perda de massa para todos os materiais - Grupo GI (controle).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Materiais	3	2225,2500	741,7500	9,85*
Resíduo	28	2108,2500	75,2946	
Varição total	31	4333,5000		

(*) diferença estatisticamente significativa – $p < 0,05$

A análise de variância para o grupo GI, evidenciou que houve diferença significativa entre os materiais avaliados. Para determinar onde esse efeito ocorreu foi realizado o teste de Tukey (Tabela 10).

Tabela 10 – Valores de média de perda de massa para todos os materiais para o Grupo GI (controle). (mg)

Material				
	L	D	K	T
mg	2,7 a	1,2 bc	2,1 ab	0,5 c
%	0.25	0.16	0.27	0.07

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes.

Valor crítico de Tukey = 11,86243

A Tabela 10 demonstra que as médias de perda de massa para os materiais Lucitone 550 (L), Duraliner II (D) e Kooliner (K) foram estatisticamente iguais entre si e maiores que a média observada para o material Tokuso Rebase (T).

Tabela 11 – Análise de variância – perda de massa para todos os materiais - Grupo GII (imersão em água).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Materiais	3	244,0938	81,3646	1,00*
Resíduo	28	2288,6250	81,7366	
Variação total	31	2532,7188		

(*) diferença estatisticamente não significativa – $p > 0,05$

Tabela 12 – Análise de variância – perda de massa para todos os materiais - Grupo GIII (irradiação microondas).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Materiais	3	235,7500	78,5833	1,08*
Resíduo	28	2036,2500	72,7232	
Variação total	31	2272,0000		

(*) diferença estatisticamente não significativa – $p > 0,05$

As análises de variância para os grupos GII e GIII (Tabelas 11 e 12) indicaram que, após a realização dos tratamentos, não houve diferença significativa entre os materiais, que apresentaram médias de perda de massa estatisticamente iguais (Tabelas 13 e 14).

Tabela 13 – Valores de média de perda de massa para os materiais para o Grupo GII

(imersão em água). (mg e %)

Material				
	L	D	K	T
mg	1,6	1,1	1,5	1,9
?	0,16	0,14	0,20	0,23

Tabela 14 – Valores de média de perda de massa para os materiais para o Grupo GIII

(irradiação microondas). (mg e %)

Material				
	L	D	K	T
mg	2,1	1,7	1,4	1,8
?	0,20	0,23	0,18	0,22

A Figura 11 ilustra os resultados para a perda de massa dos materiais testados, nos três grupos experimentais avaliados.

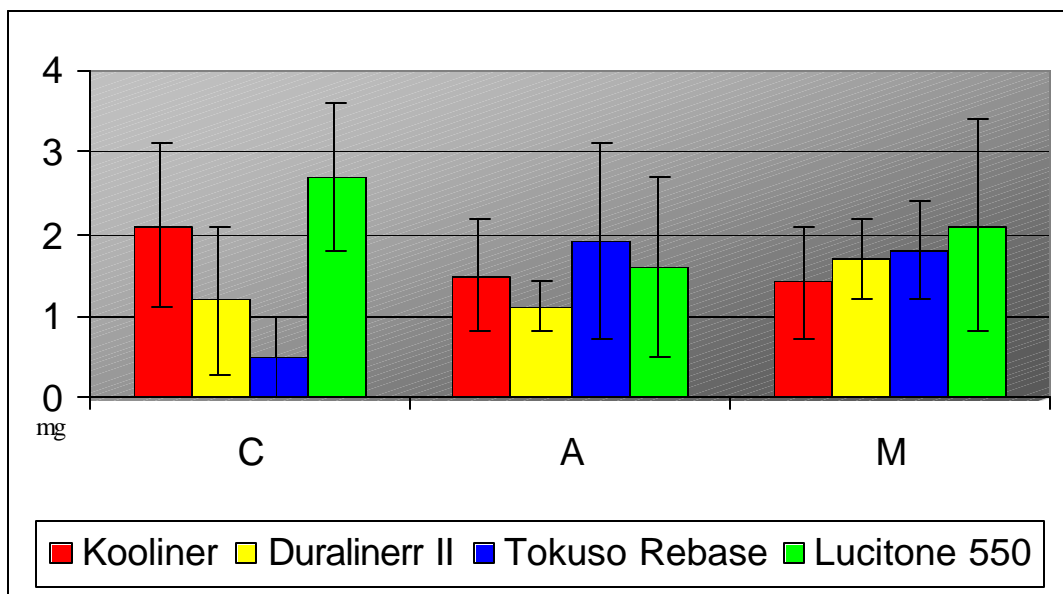


Figura 11 – Gráfico dos valores médios de perda de massa (μg)

5.2) RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Por meio das leituras realizadas na superfície de cada corpo-de-prova, antes e após os testes de escovação, foram obtidos os valores de rugosidade, inicial e final, em Ra (μm - média de 3 leituras). Esses valores foram, então, utilizados para avaliar, por meio da rugosidade, o efeito da abrasão por escovação nas características superficiais dos materiais, bem como o efeito dos tratamentos térmicos sobre essas características. Os valores originais estão apresentados nas Tabelas 20 a 31 do Apêndice.

Esses valores foram submetidos à análise estatística, comparando-se, para cada material (L, D, K, T), individualmente, os três grupos experimentais avaliados (GI,

GII e GIII). Da mesma forma como foi realizado para a perda de massa, inicialmente, foi aplicado o teste de aderência à curva normal. Os resultados revelaram que para os materiais Lucitone 550 (L), Kooliner (K) e Tokuso Rebase (T) os dados amostrais das condições experimentais ajustaram-se à distribuição normal de probabilidades (Tabelas 32, 34 e 35 do apêndice), enquanto a distribuição amostral dos valores obtidos para o material Duraliner II (D), não foi normal (Tabela 33 do apêndice).

Tendo em vista que as condições de aplicabilidade do modelo de análise de variância foram satisfeitas para os materiais Lucitone 550 (L), Kooliner (K) e Tokuso Rebase (T), a aplicação dessa análise de variância originou as Tabelas 15, 18 e 21. Para o material Duraliner II (D), os resultados foram submetidos ao teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Tabela 23). O nível de significância utilizado foi de 5%.

Tabela 15 – Análise de variância para o material Lucitone 550 (L).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Tratamento	2	3,2232	1,6116	19,56*
Resíduo I	27	2,2245	0,0824	
Leitura (inicial/ final)	1	1,0297	1,0297	62,60*
Tratamento X Leitura	2	0,0483	0,0242	1,47**
Resíduo II	27	0,4441	0,0164	
Variação total	59	6,9698		

(*) diferença estatisticamente significativa – $p < 0,05$

(**) diferença estatisticamente não significativa – $p > 0,05$

A Tabela 15 demonstra que os valores de F correspondentes aos fatores de variação “Tratamento” e “Leitura” foram significantes, pois $p < 0,05$. Assim, houve evidência amostral para rejeitar-se a hipótese de que os fatores de variação induziram efeitos iguais sobre a rugosidade superficial do material Lucitone 550 (L). A Tabela 15 evidencia, ainda, que a interação entre os fatores não foi significativa. A comparação entre as médias para a discriminação das diferenças estatísticas foi realizada por meio do teste de Tukey, ao nível de significância de 5%, de acordo com as Tabelas 16 e 17.

Tabela 16 – Valores de média de rugosidade para o material Lucitone 550 (L), em função dos grupos avaliados. (Ra - μm)

Tratamento		
GI (Controle)	GII (imersão)	GIII (irradiação microondas)
0,32 a	0,42 a	0,85 b

Letras iguais indicam médias com diferenças estatisticamente não significantes.

Valor crítico de Tukey calculado = 0,22530

Verifica-se na Tabela 16 que os tratamentos térmicos podem ser divididos em dois conjuntos a e b. As médias da rugosidade superficial dos corpos-de-prova dos grupos GI e GII foram estatisticamente iguais entre si. Porém, o valor médio de rugosidade verificado para o grupo GIII foi estatisticamente diferente e maior do que aqueles observados para os outros dois grupos.

Tabela 17– Valores de média de rugosidade para o material Lucitone 550 (L), em função das leituras. (Ra - μm)

Leitura	
Inicial	Final
0,40 a	0,66 b

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes.

Valor crítico de Tukey calculado = 0,06792

Observa-se, na Tabela 17 que, para o material Lucitone 550 (L) a média de rugosidade superficial final foi estatisticamente maior do que aquela verificada inicialmente, antes dos testes de escovação. Esse comportamento, assim como os efeitos dos tratamentos realizados, foi mantido quando da interação entre os fatores avaliados.

Tabela 18 – Análise de variância para o material Kooliner (K).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Tratamento	2	0,0893	0,0447	4,94*
Resíduo I	27	0,2443	0,0090	
Leitura (inicial/ final)	1	0,0252	0,0252	11,75*
Tratamento X Leitura	2	0,0074	0,0037	1,73**
Resíduo II	27	0,0579	0,0021	
Varição total	59	0,4242		

(*) diferença estatisticamente significativa – $p < 0,05$

(**) diferença estatisticamente não significativa – $p > 0,05$

A Tabela 18 demonstra que os valores de F correspondentes aos fatores de variação “Tratamento” e “Leitura” foram significantes, pois $p < 0,05$, indicando que esses fatores induziram efeitos diferentes sobre a rugosidade superficial do material Kooliner (K). Por outro lado, a interação entre os fatores avaliados foi não significativa, pois $p > 0,05$ e, dessa forma, deve-se aceitar a hipótese de que a interação não alterou os efeitos que os fatores haviam apresentado isoladamente. Para se definir onde esses efeitos ocorreram, foi, então, realizada a comparação entre os grupos por meio do teste de Tukey, em nível de significância de 5%, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 19 e 20.

Tabela 19 – Valores de média de rugosidade para o material Kooliner (K), em função dos grupos avaliados. (Ra - μm)

Tratamento		
GI (Controle)	GII (imersão)	GIII (irradiação microondas)
0,06 a	0,15 b	0,13 ab

Letras iguais indicam médias com diferenças estatisticamente não significantes.

Valor crítico de Tukey calculado = 0,07446

Verifica-se na Tabela 19 que a média de rugosidade superficial dos corpos-de-prova dos grupos GI e GII foram estatisticamente diferentes entre si, tendo sido menor para o grupo GI, enquanto os valores médios obtidos para os corpos-de-prova do grupo GIII apresentaram-se estatisticamente iguais aos grupos GI e GII.

Tabela 20 – Valores de média de rugosidade para o material Kooliner (K), em função das leituras. (Ra - μm)

Leitura	
Inicial	Final
0,09 a	0,13 b

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes.

Valor crítico de Tukey calculado = 0,02430

A Tabela 20 demonstra o efeito da escovação sobre a rugosidade superficial do material Kooliner (K), considerando-se que as médias obtidas apresentaram-se estatisticamente diferentes entre si, tendo sido o valor inicial de rugosidade menor que o valor final. Para o material Kooliner (K), a interação entre os fatores também não alterou o comportamento apresentado isoladamente.

Tabela 21 – Análise de variância para o material Tokuso Rebase (T).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Tratamento	2	0,8100	0,4050	118,88*
Resíduo I	27	0,0920	0,0034	
Leitura (inicial/ final)	1	0,2600	0,2600	104,47*
Tratamento X Leitura	2	0,0555	0,0278	11,15*
Resíduo II	27	0,0672	0,0025	
Varição total	59	1,2848		

(*) diferença estatisticamente significativa – $p < 0,05$

A análise da Tabela 21 evidencia que os valores de F correspondentes aos fatores de variação “Tratamento” e “Leitura”, assim como aqueles relativos à interação entre os mesmos foram significantes, pois $p < 0,05$. Esses resultados indicam que houve evidência amostral para rejeitar-se a hipótese de que os fatores de variação, isoladamente ou quando de sua interação, induziram efeitos iguais sobre a rugosidade superficial do material Tokuso Rebase (T). Dessa forma, a comparação entre as médias proporcionadas pelos fatores avaliados, com o objetivo de se determinar diferenças estatísticas significativas, foi realizada somente para a interação, por meio do teste de Tukey, ao nível de significância de 5% (Tabela 22).

Tabela 22– Valores de média de rugosidade para o material Tokuso Rebase (T), em função da interação entre os fatores Tratamento X Leitura. (Ra - μm)

Leitura	Tratamento		
	GI	GII	GIII
Inicial	0,15 a A	0,13 a A	0,38 b A
Final	0,21 a A	0,34 b B	0,51 c B

Letras minúsculas iguais indicam médias com diferenças estatisticamente não significantes – comparação entre grupos (colunas).

Letras maiúsculas diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes – comparação entre leituras (linhas).

Valor crítico de Tukey calculado = 0,06854

A análise da Tabela 22 demonstra que, para a comparação entre os grupos (colunas), os valores médios de rugosidade inicial dos grupos GI e GII são iguais entre si e menores que o do grupo GIII. Após a escovação (rugosidade final), os valores médios

proporcionados pelos três grupos avaliados são estatisticamente diferentes entre si e na seguinte ordem decrescente: GIII> GII>GI.

Ao se comparar os valores obtidos para a rugosidade superficial dos corpos-de-prova antes e após os ensaios de escovação (entre linhas), verifica-se que para o grupo GI não houve diferença estatisticamente significativa. Entretanto, para os grupos GII e GIII os resultados foram estatisticamente diferentes, evidenciando um aumento no valor médio de rugosidade após os testes de escovação.

Considerando-se que a distribuição dos valores amostrais obtidos para o material Duraliner II (D) não se ajustou à curva normal (Tabela 33 do apêndice), foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal – Wallis, cujos resultados encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23 – Teste de Kruskal-Wallis para a rugosidade superficial do material Duraliner II (D).

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	11,2397
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	11,24
Probabilidade de H_0 para esse valor:	4,68%
Significante ao nível de 5% ($\alpha = 0,05$)	

Apesar do teste de Kruskal-Wallis ter indicado significância, ao se analisar a comparação entre as médias dos postos das amostras, foi verificado que entre os grupos de interesse (GI, GII e GIII/Inicial; GI, GII e GIII/Final; GI/Inicial e Final;

GII/Inicial e Final; GIII/Inicial e Final) não foram encontradas diferenças estatisticamente significativa ($\alpha > 0,05$) (Tabela 24).

Tabela 24 – Valores de média de rugosidade para o material Duraliner II (D), em função da interação entre os fatores Tratamento X Leitura. (Ra - μm)

Leitura	Tratamento		
	GI	GII	GIII
Inicial	0,13	0,09	0,12
Final	0,16	0,13	0,18

Por meio da análise da Tabela 24, é possível verificar que para o material Duraliner II (D) não houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos GI, GII e GIII, tanto na comparação realizada entre os valores de rugosidade inicial como naquela realizada para os valores de rugosidade final. Além disso, a Tabela 24 evidencia que para cada grupo, individualmente, os valores de rugosidade obtidos, antes e após a escovação, também não foram estatisticamente diferentes entre si.

Além da análise individual de cada material nos três grupos avaliados, os valores de rugosidade também foram analisados comparando-se todos os materiais em cada um dos grupos experimentais. Essa análise foi realizada comparando-se, separadamente, os valores obtidos antes e após os testes de escovação, correspondentes à rugosidade inicial e final, respectivamente. Da mesma forma como foi realizada a análise individual de cada material, os resultados obtidos foram submetidos, inicialmente, ao teste de aderência à curva normal de probabilidades (Tabelas 36 a 41 do apêndice).

Os resultados dessas análises demonstraram que para os valores de rugosidade final dos grupos GI (controle) e GIII (irradiação microondas) a distribuição amostral foi normal. Os resultados demonstraram ainda que, para os demais grupos, GI/inicial; GII/inicial; GII/final e GIII/inicial, a distribuição dos valores não se ajustou à curva normal de probabilidades.

Dessa forma os valores de rugosidade final dos grupos GI e GIII foram submetidos à análise de variância cujos resultados encontram-se nas Tabelas 25 e 26.

Tabela 25 – Análise de variância – rugosidade final para todos os materiais - Grupo GI (controle).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Materiais	3	0,6524	0,2175	33,29*
Resíduo	36	0,2351	0,0065	
Varição total	39	0,8875		

(*) diferença estatisticamente significativa – $p < 0,05$

Tabela 26 – Análise de variância – rugosidade final para todos os materiais - Grupo GIII (irradiação microondas).

Fonte de Variação	G. L.	S.Q.	Q. M	F
Materiais	3	4,8111	1,6037	98,01*
Resíduo	36	0,5891	0,0164	
Varição total	39	5,4001		

(*) diferença estatisticamente significativa – $p < 0,05$

A interpretação das Tabelas 25 e 26 demonstra que para os dois grupos analisados as diferenças entre os materiais foram estatisticamente significativas. Assim, os resultados foram avaliados pelo Teste de Tukey, ao nível de significância 5% (Tabelas 27 e 28).

Tabela 27 – Valores de média de rugosidade final para todos os materiais para o Grupo GI (controle). (μm)

Material			
L	D	K	T
0,41 a	0,16 bc	0,07 b	0,21 c

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes.

Valor crítico de Tukey = 0,09724

Tabela 28 – Valores de média de rugosidade final para todos os materiais para o Grupo GIII (irradiação microondas). (μm)

Material			
L	D	K	T
1,02 a	0,18 b	0,16 b	0,51 c

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes.

Valor crítico de Tukey = 0,15446

Tendo em vista que os demais grupos não se ajustaram à curva normal de distribuição, os resultados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, ao nível de significância de 1%, apresentados nas Tabelas 29 a 32.

Tabela 29 – Teste de Kruskal-Wallis para a rugosidade inicial do grupo GI (controle) – comparação entre todos os materiais.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	32,4138
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	32,41
Probabilidade de H_0 para esse valor:	0,00
Significante ($\alpha = 0,01$)	

Tabela 30 – Teste de Kruskal-Wallis para a rugosidade inicial do grupo GII (imersão em água) – comparação entre todos os materiais.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	13,9436
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	13,94
Probabilidade de Ho para esse valor:	0,30 %
Significante ($\alpha = 0,01$)	

Tabela 31 – Teste de Kruskal-Wallis para a rugosidade final do grupo GII (imersão em água) – comparação entre todos os materiais.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	21,4965
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	21,50
Probabilidade de Ho para esse valor:	0,01 %
Significante ($\alpha = 0,01$)	

Tabela 32 – Teste de Kruskal-Wallis para a rugosidade inicial do grupo GIII (irradiação microondas) – comparação entre todos os materiais.

Valor (H) de Kruskal-Wallis calculado:	30,7985
Valor de X^2 para 2 graus de liberdade:	30,80
Probabilidade de Ho para esse valor:	0,00 %
Significante ($\alpha = 0,01$)	

A análise das Tabelas 29 a 32 revela que as diferenças entre os valores médios de rugosidade dos materiais foram significativas, segundo os grupos experimentais avaliados. Esses valores médios são apresentados nas Tabelas 33 a 36.

Tabela 33 – Valores de média de rugosidade inicial para todos os materiais para o Grupo GI (controle). (μm)

Material			
L	D	K	T
0,22 a	0,13 b	0,05 c	0,15 b

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes

Valor crítico $\alpha = 6,0632$

A análise da Tabela 33 evidencia que para o grupo GI (controle) houve diferença significativa entre os valores médios de rugosidade superficial inicial dos materiais, tendo sido o maior valor médio obtido com o material Lucitone 550 (L), e o menor com o material Kooliner (K). A Tabela demonstra ainda que as médias de rugosidade inicial dos materiais Duraliner II (D) e Tokuso Rebase (T) foram estatisticamente iguais entre si.

Tabela 34 – Valores de média de rugosidade inicial para todos os materiais para o Grupo GII (imersão em água). (μm)

Material			
L	D	K	T
0,29 a	0,09 b	0,12 b	0,13 ab

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes

Valor crítico $\alpha = 11,8369$

De acordo com a Tabela 34, para o grupo GII (imersão em água), o valor de rugosidade inicial obtido com o material Lucitone 550 (L) foi estatisticamente diferente e maior do que aqueles obtidos com os materiais Duraliner II (D) e Kooliner (K), que foram estatisticamente iguais entre si. Para o material Tokuso Rebase (T) foi observado que o valor médio de rugosidade inicial, nesse grupo, foi estatisticamente igual aos demais materiais avaliados.

Tabela 35 – Valores de média de rugosidade final para todos os materiais para o Grupo GII (imersão em água). (μm)

Material			
L	D	K	T
0,55 a	0,13 b	0,17 b	0,34 a

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes

Valor crítico $\alpha = 9,9161$

Segundo a Tabela 35, os valores médios de rugosidade final dos materiais Lucitone 550 (L) e Tokuso Rebase (T) após terem sido submetidos ao tratamento por imersão em água foram estatisticamente iguais entre si e maiores que aqueles observados para os materiais Duraliner II (D) e Kooliner (K), que por sua vez foram estatisticamente iguais entre si.

Tabela 36 – Valores de média de rugosidade inicial para todos os materiais para o Grupo GIII (irradiação microondas). (μm)

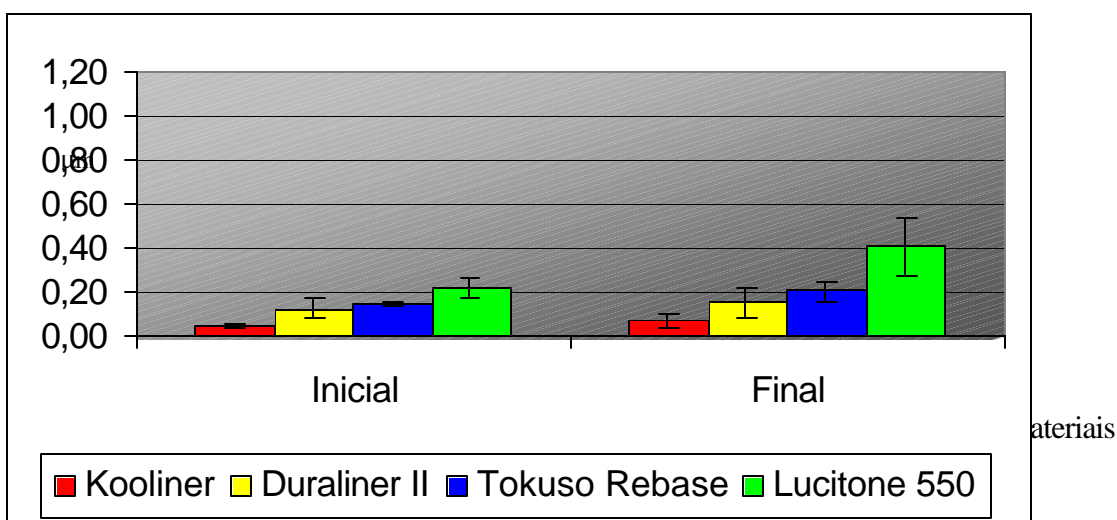
Material			
L	D	K	T
0,69 a	0,12 b	0,10 b	0,38 a

Letras diferentes indicam médias com diferenças estatisticamente significantes

Valor crítico $\alpha = 6,7830$

A Tabela 36 demonstra que, para o grupo GIII (irradiação microondas), os valores médios de rugosidade obtidos antes dos ensaios de escovação com os materiais Lucitone 550 (L) e Tokuso Rebase (T) foram estatisticamente iguais entre si e maiores do que aqueles verificados com os materiais Duraliner II (D) e Kooliner (K), cujas médias não apresentaram diferenças estatisticamente significantes.

As Figuras 12, 13 e 14 ilustram os resultados para a rugosidade superficial inicial e final dos materiais testados, nos três grupos experimentais avaliados.



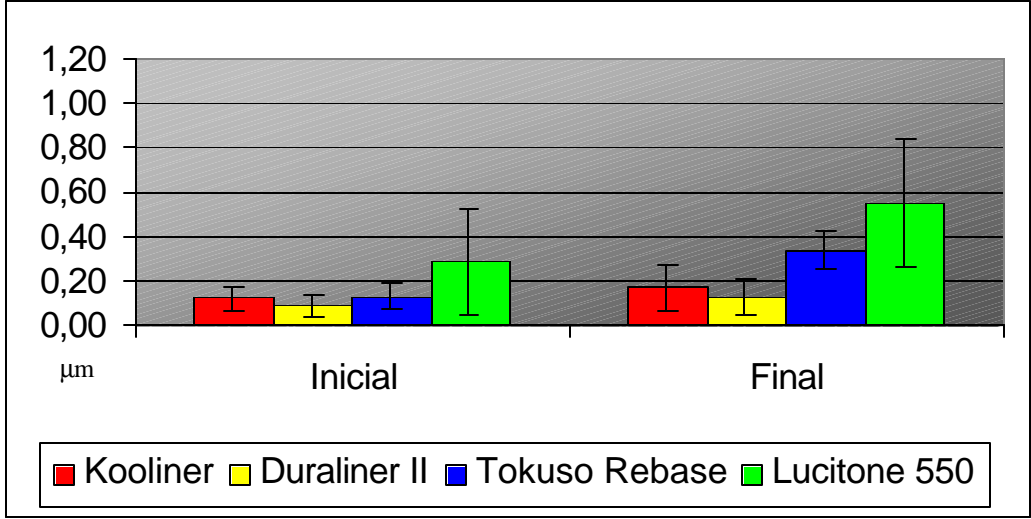


Figura 13 – Gráfico dos valores médios de Rugosidade superficial (Ra) para os materiais testados - grupo GII (imersão em água).

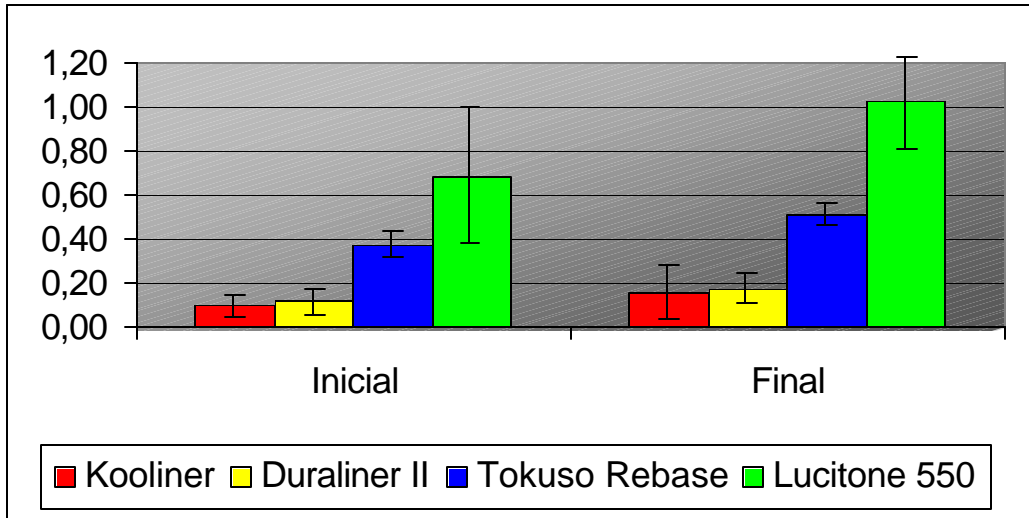


Figura 14 – Gráfico dos valores médios de Rugosidade superficial (Ra) para os materiais testados – grupo GIII (irradiação microondas).

5.3) MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

A análise qualitativa das características superficiais dos materiais, nas diferentes condições experimentais avaliadas, realizada por meio de microscopia eletrônica de varredura, confirmou os resultados obtidos de perda de massa e de rugosidade. As fotomicrografias mais representativas desses resultados estão apresentadas nas figuras de 15 a 20.

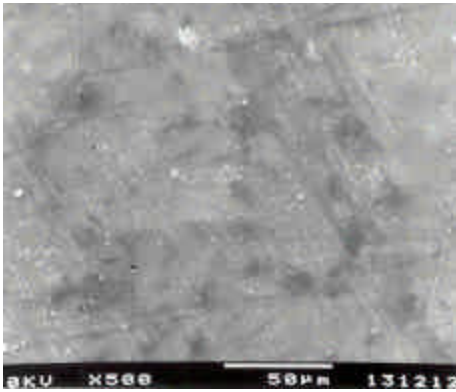


Figura 15 a – Fotomicrografia do material Tokuso Rebase antes dos ensaios de escovação

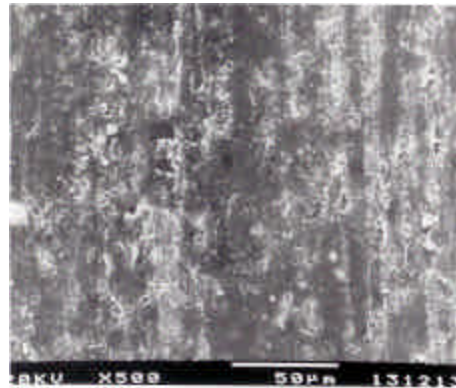


Figura 15 b – Fotomicrografia do material Tokuso Rebase após os ensaios de escovação

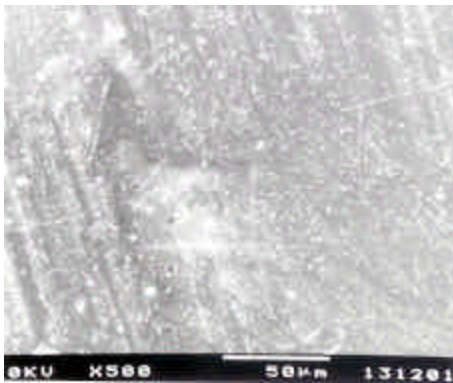


Figura 16 a – Fotomicrografia do material Lucitone 550 antes dos ensaios de escovação

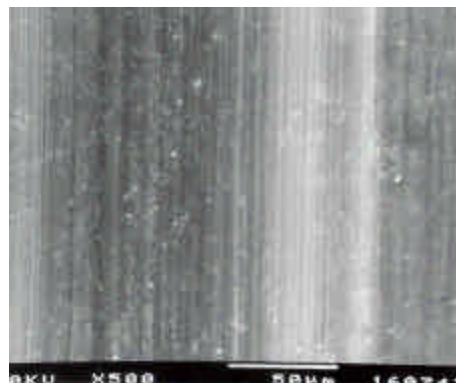


Figura 16 b – Fotomicrografia do material Lucitone 550 após os ensaios de escovação

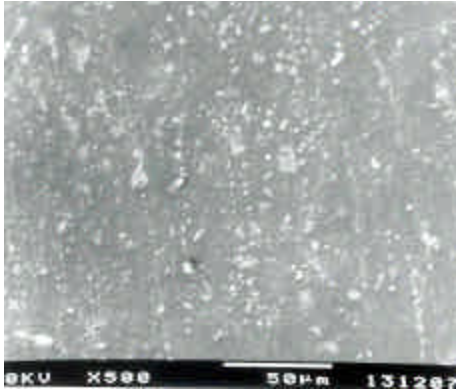


Figura 17 a – Fotomicrografia do material Kooliner antes dos

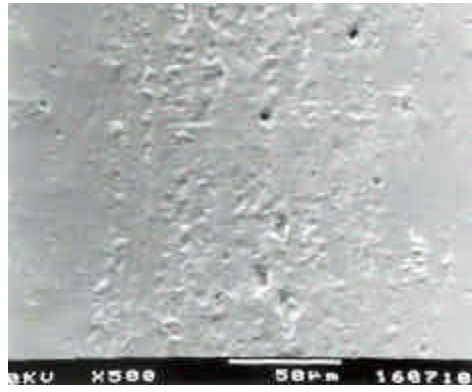


Figura 17 b – Fotomicrografia do material Kooliner após os ensaios

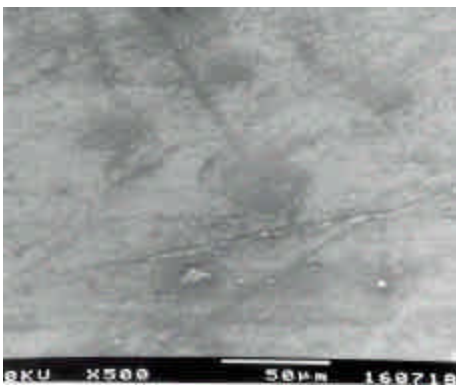


Figura 18 a – Fotomicrografia do material Duraliner II antes dos ensaios de escovação

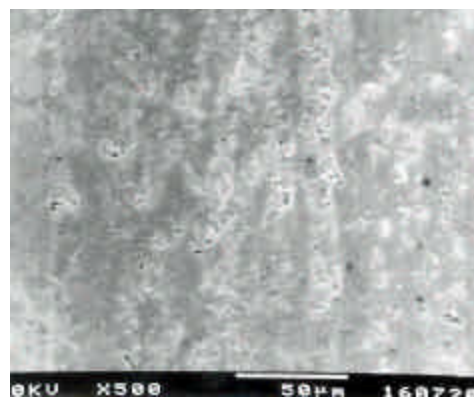


Figura 18 b – Fotomicrografia do material Duraliner II após os

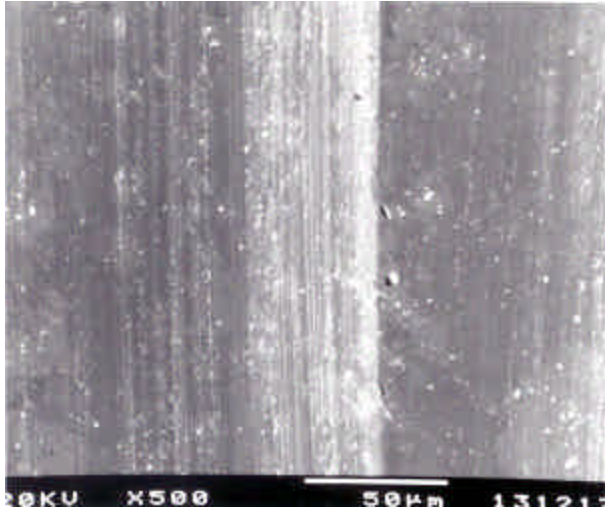


Figura 19 – Fotomicrografia do material Lucitone 550 do grupo GII, após os ensaios de escovação

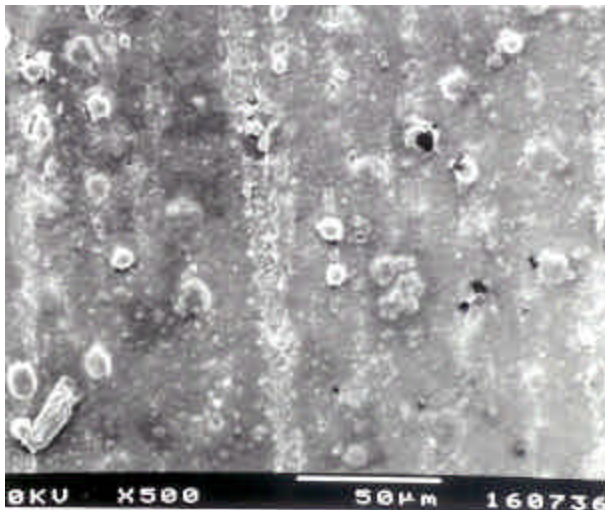


Figura 20 – Fotomicrografia do material Tokuso Rebase do Grupo GII, após os ensaios de escovação

Discussão

A resistência à abrasão por escovação pode ser avaliada por meio de estudos *in vivo*. Esses estudos, entretanto, apresentam diversos fatores difíceis de serem controlados²⁶, como a frequência com que o paciente realiza a higienização, o número de ciclos realizados a cada escovação e a intensidade da força aplicada. Esses fatores podem influir nos resultados obtidos, dificultando sua interpretação. Em função desses aspectos, muitos pesquisadores têm utilizado os estudos *in vitro* que simulam, em laboratório, as condições clínicas bucais^{4, 11, 12, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 47, 50, 51, 52, 60}. Para isso, têm sido utilizadas máquinas de escovação que permitem controlar o número de ciclos realizados, a força aplicada, o tipo de escova e solução abrasiva empregados. Apesar das limitações, esses estudos têm proporcionado uma análise adequada da resistência à abrasão das estruturas avaliadas, contribuindo com informações importantes para os profissionais, orientando a seleção dos materiais a serem utilizados. Além disso, os resultados desses estudos constituem uma referência para os fabricantes, indicando possíveis alterações necessárias na formulação dos materiais, com o objetivo de melhorar seu desempenho clínico. Dessa forma, nesse estudo a resistência à abrasão das resinas autopolimerizáveis para reembasamento imediato e de uma resina termopolimerizável foi avaliada *in vitro*, por meio de testes laboratoriais, padronizando-se as condições experimentais utilizadas.

Um dos métodos que tem sido utilizado para se avaliar a resistência à abrasão por escovação é a alteração ocorrida, durante os testes, na massa das amostras. Entretanto, nos estudos realizados para avaliar a resistência à abrasão de estruturas dentais, como dentina e esmalte, tem sido observado que esse método pode não ser adequado. Essas estruturas apresentam água em sua composição, o que pode induzir a variações nos

resultados obtidos²⁵. Esse aspecto poderia ser controlado, eliminando-se o conteúdo de água. Esse procedimento, no entanto, altera as propriedades das estruturas dentais de tal forma que os resultados obtidos não refletem condições similares às aquelas observadas clinicamente. Em função desses aspectos, outros métodos têm sido propostos, dentre os quais a análise utilizando-se radioisótopos ^{21, 22, 23, 25, 37, 50} e a avaliação das características superficiais^{4, 12, 51}. Por outro lado, o método que determina a alteração de massa das amostras tem sido utilizado para avaliar os vários tipos de materiais odontológicos. Especificamente para as resinas, o conteúdo de água presente pode ser eliminado antes se realizar as pesagens^{26, 29, 47, 56, 60}. Dessa forma, a alteração de massa obtida pode ser atribuída somente ao desgaste ocorrido durante a escovação, e ser relacionada com a resistência à abrasão dos materiais analisados. No presente estudo, esse método foi utilizado para avaliar, comparativamente, a resistência à abrasão dos materiais, bem como o efeito de dois tratamentos térmicos, realizados após a polimerização das resinas, sobre essa propriedade. Os resultados obtidos demonstraram que para os materiais Lucitone 550 (L), Duraliner II (D) e Kooliner (K), não houve diferença significativa entre a perda de massa nas três condições avaliadas: sem tratamento (grupo controle), e após os tratamentos por imersão em água aquecida (GII) ou por irradiação com microondas (GIII), indicando que a realização dos tratamentos não influenciou na resistência à abrasão dessas resinas (Tabelas 2, 4, 6 e Figura 11). Os resultados demonstraram, ainda, que para o material Tokuso Rebase (T), os tratamentos térmicos proporcionaram um aumento na perda de massa causada pela escovação (Tabela 8 e Figura 11).

Os tratamentos térmicos avaliados nesse estudo foram propostos com o objetivo de se reduzir o conteúdo de monômero residual presente na resina acrílica polimerizada testada. Estudos têm demonstrado que as resinas apresentam, após a

polimerização, diferentes quantidades de monômero residual, dependendo da temperatura e do tempo de polimerização e do tipo de processamento utilizado^{5, 9, 16, 27, 30, 32, 49, 53}, sendo maior nas resinas autopolimerizáveis.^{30, 38, 49, 53, 54, 62} Assim, com base nessas informações, e considerando-se que as resinas para reembasamento imediato são autopolimerizáveis, provavelmente o conteúdo de monômero residual presente nesses materiais, após a polimerização, poderia ser maior do que aquele observado nas resinas termopolimerizáveis para base de prótese. Sobretudo para o material Duraliner II (D), que apresenta também uma proporção pó-líquido baixa quando comparada com os demais materiais reembasadores e com a resina de base Lucitone 550 (L), a quantidade de monômero residual, poderia ser ainda maior³².

Tem sido demonstrado que a presença desse monômero afeta as propriedades do material^{2, 18, 20, 49}. Em estudos realizados anteriormente, foi observado que o material Duraliner II (D) apresentou uma contração durante a polimerização e após o armazenamento em água significativamente maior que a das resinas Kooliner (K) e Lucitone 550 (L)¹³. Além disso, esse material apresentou a menor absorção de água¹⁵. Esses aspectos foram relacionados a um possível conteúdo maior de monômero residual, o qual poderia ter influenciado a absorção de água e, conseqüentemente, a expansão durante o armazenamento. Em pesquisa posterior³⁵, um dos tratamentos avaliados no presente estudo (imersão em água a 55°C por 10 minutos), sugerido pelo fabricante do material Duraliner II (D), foi analisado com relação à sua possível influência na estabilidade dimensional. Os resultados evidenciaram que os corpos-de-prova tratados apresentaram maior contração inicial e menor contração após o período de 60 dias de armazenamento em água a 37°C, sugerindo que o tratamento térmico poderia ter induzido a uma reação complementar de polimerização. Lamb et al.³¹ observaram uma diminuição no conteúdo de monômero

residual de uma resina autopolimerizável, após a imersão em água aquecida, tendo sido relacionada com uma reação complementar de polimerização, devido à presença de radicais livres na resina, após a polimerização inicial. Da mesma forma, Tsuchiya et al.⁵³ verificaram que a imersão em água aquecida a 50°C por 60 minutos resultou em uma diminuição de 75% na concentração do monômero metil metacrilato em relação aos valores observados no grupo controle. Resultados similares foram observados por Shim & Watts⁴⁸ que simularam um segundo ciclo, ao qual as resinas de base são submetidas, quando se utiliza um material reembasador macio do tipo termopolimerizável, e verificaram que esse ciclo adicional de polimerização proporcionou uma redução estatisticamente significativa na concentração do monômero residual. A aplicação da energia de microondas, por atuar diretamente sobre as moléculas de monômero¹⁶, também poderia ser utilizada para a redução do conteúdo de monômero residual na resina polimerizada. Esse aspecto foi verificado no estudo realizado por Blagojevic & Murphy⁹ que demonstrou que a irradiação por microondas de uma resina quimicamente ativada, após sua polimerização, com esse tipo de energia, resultou em diminuição significativa no conteúdo de monômero residual. Yunus et al.⁶² avaliando a resistência à flexão de reparos realizados com uma resina acrílica convencional, também observaram um aumento nos valores obtidos, após irradiação com microondas e, segundo os autores, esse resultado, provavelmente, teria ocorrido devido a um maior grau de conversão. Resultados similares foram obtidos por Mello³⁹ que avaliou o efeito do aquecimento por irradiação com microondas ou pela imersão em água aquecida sobre o conteúdo de monômero residual de uma resina autopolimerizável, polida quimicamente, e verificou que esses procedimentos podem ser utilizados para reduzir esse conteúdo. Assim, no presente estudo, os tratamentos foram propostos com base na hipótese de que o conteúdo de monômero residual pudesse ser reduzido, resultando em melhoria das

propriedades dos materiais, entre as quais, a resistência à abrasão. Entretanto, os resultados evidenciaram que, para três dos materiais testados (L, D e K - Tabelas 2, 4 e 6) essa propriedade não foi alterada com a utilização dos tratamentos, e que, para o material T, houve um aumento na perda de massa para os grupos submetidos aos tratamentos térmicos (Tabela 8).

O monômero pode ser reduzido por meio de sua liberação, através da indução de uma reação de polimerização complementar ou pela associação dos dois mecanismos. Conforme demonstrado por Lamb et al.³², radicais livres permanecem na resina polimerizada e podem proporcionar essa polimerização complementar, com conseqüente redução no conteúdo de monômero residual. Quando a redução ocorre por meio dessa reação, as moléculas de monômero residual são convertidas em polímero. Dessa forma, o efeito plastificante^{18, 49}, causado pela presença dessas moléculas entre as cadeias poliméricas, é eliminado ou reduzido. Além disso, novas cadeias poliméricas são formadas durante a reação complementar, contribuindo para a obtenção de um polímero com melhores propriedades. Por outro lado, quando a redução do conteúdo de monômero residual ocorre por meio de sua liberação, o efeito resultante será somente a diminuição da ação plastificante que essas moléculas apresentam na resina polimerizada. Estudos têm demonstrado que o oxigênio inibe a reação de polimerização³² e, dessa forma, a quantidade de monômero residual na superfície das resinas é maior do que na parte interna⁸. Tem sido demonstrado também, que a quantidade de monômero residual pode ser diminuída mais facilmente quando as moléculas encontram-se localizadas próximas da superfície¹⁸, facilitando sua volatilização ou sua difusão para o meio externo, quando as resinas são imersas em água^{5, 30, 39}. Assim, no tratamento por imersão em água, a temperatura utilizada pode ter contribuído para a difusão e conseqüente liberação do

monômero situado nas camadas mais superficiais das resinas^{31, 32, 53}. Com relação ao tratamento com microondas, o aquecimento proporcionado pelo atrito das moléculas de monômero, que oscilam em alta frequência devido ao campo eletromagnético desse tipo de energia¹⁶, pode ter sido suficiente para facilitar a volatilização do monômero residual localizado na superfície dos materiais. Com base nessas informações, podemos supor que os tratamentos térmicos podem ter proporcionado uma redução do monômero presente na camada mais superficial das resinas L, D e K, por meio da difusão em água, no grupo experimental GII (imersão em água aquecida a 55°C) e através de sua volatilização durante o tratamento por irradiação com microondas (grupo GIII), sem, contudo, terem induzido uma conversão adicional de monômero em polímero. Dessa forma, o efeito resultante teria sido apenas diminuir a ação plastificante das moléculas monômero residual na resina polimerizada, o qual, provavelmente, não foi suficiente para proporcionar um aumento significativo na resistência à abrasão por escovação desses materiais. Além disso, os tratamentos térmicos podem não ter apresentado efeito sobre o monômero residual situado nas partes internas das resinas, o qual poderia apresentar uma influência mais significativa sobre a propriedade de resistência à abrasão do que aquele localizado nas camadas superficiais. Estudos têm demonstrado que o monômero residual, localizado entre as cadeias poliméricas, é mais difícil de ser eliminado. Austin & Basker⁵ analisaram o conteúdo de monômero residual de uma resina termopolimerizável 24 horas após a polimerização e verificaram que não houve diferença entre os valores obtidos com as amostras armazenadas a seco ou em água. Além disso, as análises realizadas após 60 dias de armazenamento em água à temperatura ambiente também evidenciaram que não houve alteração no conteúdo de monômero residual. Foi verificada, ainda, uma redução de somente 28% e 55% para os corpos-de-prova polimerizados com ciclos curto e longo,

respectivamente, após um período adicional de 30 dias de armazenamento em água à temperatura de 37°C. Esses resultados, segundo os autores, sugerem que o conteúdo de monômero residual em resinas termopolimerizáveis é resistente à remoção por imersão em água. Arab et al.² também observaram que amostras de resinas contendo alto conteúdo de monômero residual, quando submetidas a 100 ciclos de imersão à temperatura de 50°C, não apresentaram nenhuma alteração nesse conteúdo. Somente após 100 ciclos de imersão, utilizando temperatura de 100°C, essas amostras apresentaram uma redução de 43% no nível de monômero residual, a qual, segundo os autores, foi devido a uma polimerização adicional. Assim, podemos supor que o tempo e/ou a temperatura utilizados nos tratamentos avaliados no presente estudo não foram capazes de proporcionar uma redução no monômero residual das partes internas das resinas e, conseqüentemente, nenhum efeito significativo pôde ser observado sobre a resistência à abrasão por escovação.

Um outro aspecto a ser considerado é que o monômero residual pode apresentar efeitos diferentes sobre as propriedades das resinas. Stafford et al.⁴⁹ ao avaliarem vários tipos de resinas (autopolimerizáveis, termopolimerizáveis, de alto impacto e fluidas) verificaram que os maiores valores de escoamento (“creep”) foram obtidos com as resinas autopolimerizáveis, refletindo o conteúdo de monômero residual mais alto desses materiais. Entretanto, as diferenças observadas para as propriedades de dureza e de resistência à abrasão não foram significativas. Dessa forma, a possível redução de monômero residual, localizado nas camadas mais superficiais dos materiais Lucitone 550 (L), Duraliner II (D) e Kooliner (K), proporcionada pelos tratamentos térmicos, que poderia influir em outras propriedades desses materiais, não apresentou efeito significativo sobre a resistência à abrasão por escovação, fato esse demonstrado pela igualdade entre os valores médios de perda de massa obtidos nos três grupos avaliados (Tabelas 2, 4 e 6). Uma outra explicação

para essa igualdade observada entre os grupos poderia estar relacionada com uma possível reação de polimerização adicional ^{31, 32} durante o período em que os corpos-de-prova permaneceram armazenados a seco, à temperatura de 37°C, até que atingissem peso constante (em média 14 dias). Essa reação pode ter resultado em diminuição gradativa do monômero residual dos corpos-de-prova do grupo controle (GI - sem tratamento) até que o conteúdo presente, inicialmente maior, atingisse níveis iguais àqueles dos corpos-de-prova submetidos aos tratamentos (grupos GII e GIII) e, conseqüentemente, os valores médios de perda de massa, representativos da resistência à abrasão dos materiais, não apresentaram diferenças estatisticamente significativas.

Com relação ao material Tokuso Rebase (T), os resultados obtidos foram inesperados, tendo em vista que os tratamentos avaliados demonstraram um aumento da perda de massa causada pela escovação, quando comparado ao grupo controle (Tabela 8). Esse material apresenta composição diferente das demais resinas avaliadas, sobretudo com relação aos componentes do líquido. O pó, da mesma maneira que as outras resinas para reembasamento imediato avaliadas (D e K), é constituído de poli etil metacrilato. O líquido desse material é composto por um monômero monofuncional β -metacrilóil oxietil propionato e por uma grande porcentagem do agente de ligação cruzada 1,6-hexanediol dimetacrilato, ³ enquanto os líquidos das resinas D e K são compostos de monômeros monofuncionais butil metacrilato e isobutil metacrilato, respectivamente. O material D, segundo informações obtidas junto ao fabricante, apresenta, ainda, um agente de ligação cruzada como o etileno glicol dimetacrilato. Com relação à resina termopolimerizável Lucitone 550 (L), tanto o pó como o líquido são à base de metil metacrilato, composição usualmente empregada nas resinas acrílicas convencionais, do tipo auto ou termopolimerizáveis, estando presente também na composição do líquido o agente de

ligação cruzada etileno glicol dimetacrilato. Assim, podemos supor que o comportamento observado para o material T, quando submetido aos tratamentos térmicos, esteja relacionado com essas diferenças na composição. A matriz polimérica obtida ao final da reação de polimerização desse material, provavelmente, apresentou uma alteração durante os tratamentos que pode ter modificado sua estrutura original, resultando em diminuição da resistência ao desgaste, quando comparada àquela obtida para o grupo controle (sem tratamento). Segundo Arima et al.³, o monômero monofuncional β -metacrilóil oxietil propionato, que apresenta duas ligações do tipo éster, forma cadeias mais flexíveis comparadas com o metil metacrilato. Com base nessa informação, podemos supor que essa maior flexibilidade das cadeias pode ter permitido que as moléculas de água penetrassem no interior da massa polimérica durante o tratamento por imersão (grupo GII), tornando o material menos resistente à abrasão. Da mesma forma, podemos supor que as ligações dessas cadeias podem ter sido rompidas pela temperatura gerada durante o tratamento com microondas (GIII), aumentando o conteúdo de moléculas de monômero não polimerizado e, conseqüentemente, alterando a resistência à abrasão do material.

Uma outra explicação possível para o comportamento do material Tokuso Rebase (T) quando submetido aos tratamentos térmicos, poderia estar relacionada com a estrutura das resinas acrílicas. Esses materiais são, usualmente, compostos de partículas de polímero pré-polimerizado (pó) que são misturadas com o monômero (líquido). Durante a manipulação e o período de formação da massa, os monômeros penetram dentro das partículas, as quais são parcialmente dissolvidas. Após a polimerização, um polímero contendo múltiplas fases é formado⁵⁴. Stafford et al.⁴⁹ verificaram que, nos testes mecânicos, a fratura dos corpos-de-prova, usualmente, rompe essas partículas. Porém, em polímeros menos resistentes, a fratura ocorre através da matriz resinosa e passa ao redor das

partículas. Segundo os autores, esses aspectos enfatizam a necessidade de se obter uma união efetiva entre a matriz resinosa e a partícula de polímero com o objetivo de proporcionar melhores características de resistência. Esse fator pode ser crítico com os materiais nos quais a fase de formação da massa é rápida, como ocorre com as resinas autopolimerizáveis. Com base nessas informações, podemos supor que a união entre as partículas de polímero e a matriz resinosa do material Tokuso Rebase (T) pode ter sido afetada, negativamente, durante os tratamentos térmicos avaliados, resultando em um material menos resistente à abrasão por escovação.

É importante salientar, no entanto, que o aumento na perda de massa da resina Tokuso Rebase (T), causado pelos tratamentos térmicos, foi significativo quando comparado com o grupo controle (GI) desse material (Tabela 8). Porém, os valores médios obtidos, após a realização dos tratamentos (grupos GII e GIII), foram estatisticamente iguais àqueles verificados com os demais materiais avaliados (Tabelas 13 e 14). Além disso, a comparação entre os materiais, sem terem sido submetidos aos tratamentos propostos (GI – controle), evidenciou que o material Tokuso Rebase (T) apresentou a maior resistência à abrasão por escovação (Tabela 10).

A análise comparativa entre todos os materiais revelou também que a resina termopolimerizável Lucitone 550 (L) não apresentou comportamento superior ao das resinas para reembasamento imediato avaliadas. Esses resultados diferem daqueles obtidos por Haselden et al.²⁴ que avaliaram a resistência ao desgaste por escovação de três resinas sendo uma fotopolimerizável, uma termopolimerizável e uma autoativada e verificaram que a resina termopolimerizável apresentou maior resistência que a autoativada. Segundo os autores, essa diferença era esperada, tendo em vista que o grau de conversão das resinas ativadas pelo calor é substancialmente melhor do que daquelas polimerizadas

quimicamente e que apresentam composição similar. Os resultados do presente estudo podem estar relacionados ao armazenamento da resina Lucitone 550 (L), em água a 37°C por 48 horas, após sua polimerização. Fuji ²⁰ verificou que a resina imersa em água apresentou os menores valores de resistência à fadiga, quando comparada com os materiais armazenados a seco. Segundo o autor, esses resultados indicam que a água absorvida pode atuar como um plastificante da resina. Dessa forma, podemos supor que as moléculas de água absorvidas pela resina Lucitone 550 (L), durante o período de armazenamento, podem ter apresentado esse efeito plastificante, influenciando a resistência à abrasão desse material. É importante salientar que esse período foi estabelecido com o objetivo de analisar a resistência à abrasão por escovação do material Lucitone 550 (L) nas mesmas condições determinadas pela especificação da ADA¹ para se realizar os testes de resistência à flexão das resinas termopolimerizáveis.

Os valores de perda de massa obtidos neste estudo por meio dos testes de abrasão por escovação foram extremamente baixos, variando de 0,5 mg para o material Tokuso Rebase (T) no grupo controle (Tabela 8 – GI) até 2,7 mg para o material Lucitone 550, na mesma condição (Tabela 2 – GI). Vieira & Phillips ⁵⁶ avaliaram a abrasão por escovação de duas resinas acrílicas para coroas “veneer” e observaram que a escova dura produziu uma maior perda de massa (maior abrasão) que a macia, com valores médios de 1.20,1 mg e 89,6 mg, respectivamente. Os autores também observaram que a interação escova/abrasivo foi significativa, tendo sido a maior média de alteração de massa obtida com a combinação escova dura/carbonato de cálcio (210,5 mg). Em estudo semelhante, Wictorin ⁶⁰ verificou que a utilização de três dos dentifrícios avaliados resultou em severos sulcos na resina acrílica para coroas “veneer”. Esses dentifrícios proporcionaram os seguintes valores de perda de massa: 7,7 mg, 8,4 mg e 9,1 mg, inferiores àqueles

observados por Vieira & Phillips⁵⁶ Apesar disso, com base nesses resultados, o autor⁶⁰ considerou que esses dentifrícios poderiam não ser adequados para a higienização desse tipo de material. Segundo Victorin⁶⁰, os pacientes que utilizam próteses confeccionadas com resina acrílica deveriam ser orientados para evitar a utilização de dentifrícios com essa alta capacidade abrasiva. É importante salientar, no entanto, que a opinião do autor refere-se às resinas utilizadas para a confecção de coroas “veneer”, tendo sido considerado alto o nível de desgaste obtido para esse tipo de tratamento. No presente estudo, foram avaliadas resinas indicadas para a confecção e reembasamento imediato de bases de próteses e, dessa forma, o nível de desgaste verificado poderia não ser tão crítico. Além disso, as médias de perda de massa observadas neste estudo, após 20.000 ciclos, que corresponderiam a, aproximadamente, 2 anos de escovação,^{47, 52} variaram de 1,6 a 2,7 mg para a resina Lucitone 550 (Tabela 2 – grupos GII e GI), de 1,1 a 1,7 mg para o material Duraliner II (Tabela 4 – GII e GIII), de 1,4 a 2,1 mg para a resina Kooliner (Tabela 6 – GIII e GI) e de 0,5 a 1,9 mg para o material Tokuso Rebase (Tabela 8 – GI e GII), tendo sido, portanto, menores que os valores obtidos pelos autores citados. Além disso, o estudo realizado por Sexson & Phillips⁴⁷ avaliou uma resina termopolimerizável para base de prótese. O resultado de perda de massa obtidos com a escovação utilizando-se dentifrício foi de 3,1 mg, valor correspondente, em quantidade de material removido da superfície da resina a, somente, 0,057 mm. Esse valor, segundo os autores, não seria suficiente para afetar a adaptação da prótese, pois, provavelmente, os tecidos que revestem o rebordo residual poderiam compensar uma discrepância dessa magnitude. Assim, considerando que os valores obtidos neste estudo são menores que 3,1 mg, podemos supor que as alterações resultantes do desgaste ocasionado pela escovação, provavelmente, não apresentem significância clínica. Entretanto, outros estudos *in vivo* são necessários para avaliar se a

quantidade de desgaste, observada nesta pesquisa laboratorial, poderia resultar em desajuste significativo entre a parte interna das bases das próteses e o rebordo residual, que pudesse ser detectado, clinicamente, tanto pelo profissional como pelo próprio paciente.

Com o objetivo de proporcionar informações complementares sobre os materiais, bem como os tratamentos térmicos propostos, além da perda de massa, este estudo avaliou as características superficiais dos materiais, por meio da mensuração da rugosidade e da análise em microscopia eletrônica de varredura.

A rugosidade superficial dos materiais utilizados nos tratamentos odontológicos é um fator importante a ser considerado, tendo em vista sua influência na adesão de microrganismos que, segundo Verran & Maryan⁵⁵, constitui o pré-requisito para a colonização de uma determinada superfície. Assim, as próteses podem atuar como agentes de infecção e as irregularidades presentes na sua superfície podem contribuir para o aumento do número de microrganismos que permanecem sobre essa superfície após os procedimentos de higienização. Dessa forma, as resinas para base de prótese e para reembasamento deveriam, idealmente, apresentar adequada resistência à abrasão causada pela escovação, assim como proporcionar superfícies lisas, antes e após terem sido desgastadas. Ashmore et al.⁴ relataram que as técnicas que avaliam o perfil das superfícies revelam de forma detalhada as alterações na configuração superficial após a escovação. Uma das vantagens desse método é que materiais que apresentam resistência à abrasão similar em valores de perda de massa, poderiam diferir, significativamente, em relação à rugosidade superficial após a escovação. Da mesma forma, Wictorin⁶⁰ afirma que a perda de massa expressa o desgaste total do material, enquanto os valores de rugosidade proporcionam informações do efeito abrasivo sobre as características superficiais do material. A importância de se avaliar as características superficiais dos materiais também

foi ressaltada por Bollen et al. ¹⁰, Hengchang et al. ²⁶, Tanoue et al. ⁵², Verran & Maryan ⁵⁵, Wang ⁵⁷ e Zissis et al. ⁶³

Nesse estudo as características superficiais foram avaliadas por meio de um rugosímetro, tendo sido as medidas obtidas em Ra. De acordo com Victorin⁶⁰, o valor Ra é obtido pela integração da curva do perfil da superfície analisada, sendo um valor qualitativo das irregularidades presentes nessa superfície. Para Verran & Maryan⁵⁵, o valor Ra é a média aritmética de todas as partes do perfil obtido ao longo do comprimento médio da amostra.

Os resultados desse estudo evidenciaram que os tratamentos proporcionaram um aumento na rugosidade dos materiais Lucitone 550 (L) e Kooliner (K), o qual poderia estar relacionado à liberação e/ou volatilização das moléculas de monômero residual, localizadas na superfície desses materiais, conforme considerado anteriormente. Os resultados, porém, também evidenciaram que houve diferença no efeito que os tratamentos apresentaram sobre cada um desses dois materiais. Para a resina Lucitone 550 (L), a rugosidade superficial aumentou em relação ao grupo controle (GI), somente quando foi submetida ao tratamento com microondas (GIII) – Tabela 16, enquanto para a resina Kooliner (K) o aumento significativo, comparado ao grupo GI, foi proporcionado pelo tratamento em água aquecida (GII) – Tabela 19. Essa diferença, que não havia sido observada quando da análise dos resultados relativos à resistência à abrasão por escovação, pôde ser detectada na avaliação da rugosidade superficial, provavelmente, por tratar-se de um teste mais sensível do que aquele que utiliza a perda de massa como parâmetro de avaliação.

Os resultados referentes às resinas Lucitone 550 (L) e Kooliner (K) também demonstraram que os valores de rugosidade superficial inicial e final apresentaram diferença estatisticamente significativa, tendo sido maiores aqueles obtidos após a realização dos

testes (Tabelas 17 e 20), indicando, dessa forma, o efeito da escovação sobre as características superficiais desses materiais.

Com relação ao material Tokuso Rebase (T), os tratamentos térmicos aumentaram a rugosidade superficial, tendo sido esse efeito mais significativo no tratamento com microondas (GIII), o qual proporcionou um aumento nos valores médios, que pôde ser verificado antes mesmo da realização dos testes de escovação (Tabela 22). Os resultados demonstraram, ainda, que para o grupo controle (GI) não houve aumento significativo da rugosidade após os testes de escovação. Entretanto, para os grupos submetidos aos tratamentos (GII e GIII) os valores médios de rugosidade final foram significativamente maiores do que a rugosidade inicial. Esses resultados são coerentes com aqueles observados para a perda de massa, tendo em vista que o material Tokuso Rebase (T) sem tratamento (GI) apresentou a maior resistência à abrasão por escovação e não demonstrou alteração significativa em sua rugosidade superficial após os testes de escovação. Da mesma forma, a possível alteração na matriz resinosa, supostamente induzida pelos tratamentos térmicos (GII e GIII), conforme citado anteriormente, proporcionou efeito significativo tanto na perda de massa como na rugosidade superficial (Tabelas 8 e 22, respectivamente). A figura 19 ilustra a característica superficial do material Tokuso Rebase, nos grupos tratados, após a escovação.

Os resultados referentes ao material Duraliner II demonstraram que não houve diferenças significativas entre os valores médios de rugosidade obtidos nos três grupos avaliados (Tabela 24). Além disso, os resultados evidenciaram que, para esse material, a rugosidade média não aumentou após os testes de escovação. Mair et al.³⁷ descreveram os diversos tipos de processos abrasivos que podem ocorrer com os materiais odontológicos e relataram que, no desgaste por abrasão, o contato das partículas abrasivas proporciona uma

deformação permanente no material. A seguir, a superfície deformada pode fraturar-se, com conseqüente formação de debris, os quais são, posteriormente removidos, resultando no desgaste por abrasão. Os autores relataram, ainda, que materiais que mantêm a superfície lisa apresentam melhor resistência à abrasão, por diminuir o atrito. Assim, podemos supor que o limite elástico do material Duraliner II (D) é maior do que o dos outros materiais avaliados e, em função disso, a ação da escovação não foi suficiente para causar deformação permanente e formação de debris, resultando, dessa forma, em menor perda de material na superfície. Além disso, os resultados evidenciaram que esse material não apresentou diferenças significantes entre as médias de rugosidade obtidas durante todos os testes, com valores de pequena magnitude e, provavelmente, diminuiu o atrito causado pelas cerdas das escovas e pelas partículas abrasivas do dentifrício.

A análise comparativa entre todos os materiais, com relação à rugosidade superficial, realizada por meio dos valores obtidos sem a realização de nenhum tratamento (grupo controle - GI), demonstrou que, antes da escovação, a menor média de rugosidade foi observada para a resina Kooliner (K - 0,05 μm) seguida pelas médias obtidas com as resinas Duraliner II (0,13 μm) e Tokuso Rebase (0,15 μm), que foram iguais entre si, e, finalmente, pela maior média observada com o material Lucitone 550 (0,22 μm) – Tabela 33 e Figuras 12, 15a, 16a, 17a e 18a. Após a escovação, os materiais Duraliner II (D) e Kooliner (K) apresentaram valores médios de rugosidade iguais entre si (0,16 μm e 0,07 μm), enquanto as outras duas resinas mantiveram o comportamento inicial, com maior média de rugosidade para a Lucitone 550 (L - 0,41 μm) e com igualdade entre as médias observadas para os materiais Tokuso Rebase (T) e Duraliner II (D), de 0,21 μm e de 0,16 μm , respectivamente (Tabela 27 e Figuras 12, 15b, 16b, 17b e 18b). Zissis et al. ⁶³

analisaram a rugosidade superficial de 20 diferentes tipos de resinas, e verificaram que as resinas para base de prótese exibiram valores médios de 3,4 a 7,6 μm , enquanto aquelas indicadas para reembasamento imediato apresentaram valores médios variando de 0,7 a 4,4 μm . Verran & Maryan⁵⁵ avaliaram a retenção de *Candida albicans* em superfícies lisas e rugosas de resina acrílica e de silicone para determinar o efeito da rugosidade na infecção das próteses e na higienização. Os resultados obtidos foram de 0,02 μm e 1,26 μm para as superfícies da resina acrílica lisas e rugosas, respectivamente. Os autores verificaram que não houve diferença significativa no número de microrganismos presentes nas superfícies lisas de resina ou silicone. Entretanto, números significativamente maiores de microrganismos foram observados nas superfícies rugosas quando comparadas com as lisas. Bollen et al.¹⁰ realizaram uma extensa revisão de literatura sobre a rugosidade de diversos materiais odontológicos e relataram que os resultados de estudos *in vivo*, recentemente realizados, permitiram estabelecer a rugosidade média de 0,2 μm , como o valor limite abaixo do qual nenhuma redução adicional na retenção de bactérias pode ser esperada. Assim, com base nessas informações e considerando que os valores médios de rugosidade obtidos com as resinas para reembasamento imediato no grupo controle, antes e após a escovação, foram menores do que os observados pelos autores citados e dentro do limite estabelecido, podemos considerar que, em relação à adesão de microrganismos, esses materiais são adequados, facilitando a higienização das próteses e, conseqüentemente, a manutenção da saúde dos tecidos que revestem o rebordo residual.

A análise comparativa dos materiais após terem sido submetidos aos tratamentos térmicos (grupos GII e GIII – Figuras 13 e 14) revela que as resinas Duraliner II (D) e Kooliner (K), apesar do efeito significativo para este último material (Tabela 19),

ainda mantêm valores médios de rugosidade abaixo do limite de $0,2 \mu\text{m}$ (GII inicial – $D = 0,09 \mu\text{m}$ e $K = 0,12 \mu\text{m}$; GII final – $D = 0,13 \mu\text{m}$ e $K = 0,17 \mu\text{m}$; GIII inicial – $D = 0,12 \mu\text{m}$ e $K = 0,10 \mu\text{m}$; GIII final – $D = 0,18 \mu\text{m}$ e $K = 0,16 \mu\text{m}$). Por outro lado, a resina Lucitone 550 (L) apresentou os maiores valores médios de rugosidade, em todos os grupos avaliados (Tabelas 27, 28, 33, 34, 35 e 36). A Figura 19 ilustra a característica superficial desse material após a escovação. Além disso, somente as médias obtidas antes da escovação nos grupos GI (sem tratamento – $0,22 \mu\text{m}$) e GII (imersão em água aquecida – $0,29 \mu\text{m}$) estiveram em acordo com o valor limite de $0,2 \mu\text{m}$. É importante salientar, no entanto, que todos os valores da resina Lucitone 550 (L), que variaram de $0,22 \mu\text{m}$ (GI/inicial) a $1,02 \mu\text{m}$ (GIII/final) ainda apresentaram-se menores que aqueles observados por Zissis et al.⁶³ para as duas resinas de base termopolimerizáveis por eles avaliadas, que foram de $3,4$ e $3,8 \mu\text{m}$. A diferença entre os resultados esteja relacionada, provavelmente, com a confecção dos corpos-de-prova, os quais, neste estudo, foram polymerizados em contato com lâminas de vidro, proporcionando rugosidade média menor do que aquela observada por Zissis et al.⁶³ que realizaram a polimerização das resinas em contato com gesso. Com relação ao material Tokuso Rebase (T), os tratamentos térmicos apresentaram um efeito negativo, resultando em aumento significativo da rugosidade superficial média obtida, antes e após a escovação, tornando-os maiores que o valor limite estabelecido (Tabelas 28, 35 e 36), com exceção da média inicial obtida para o grupo GII ($0,13 \mu\text{m}$ - Tabela 34). A Figura 20 ilustra a característica superficial desse material após a escovação.

Os resultados desse estudo, de acordo com as condições experimentais utilizadas, revelaram que, com relação à resistência à abrasão por escovação, as resinas para reembasamento imediato apresentaram um comportamento favorável, tendo sido

semelhante àquele da resina termopolimerizável, utilizada como parâmetro de comparação. A análise da rugosidade e das fotomicrografias de microscopia eletrônica de varredura também revelaram que essas resinas proporcionam superfícies iguais ou melhores do que aquelas obtidas com a resina termopolimerizável para base de prótese avaliada. Os resultados revelaram, ainda, que os tratamentos térmicos propostos não proporcionaram aumento da resistência à abrasão e, para alguns dos materiais avaliados, apresentaram um efeito negativo, aumentando a rugosidade. Entretanto, é importante salientar que outras propriedades, igualmente relevantes, também devem ser analisadas quando da seleção de um material para a realização do reembasamento imediato, indicando a necessidade de estudos futuros.

Conclusão

Os resultados obtidos, de acordo com a metodologia utilizada neste estudo, permitiram concluir que:

➤ **Resistência à abrasão por escovação (perda de massa)**

1) Para as resinas Lucitone 550, Duraliner II e Kooliner, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores médios de perda de massa nos três grupos avaliados (GI – sem tratamento-controle, GII – tratamento por imersão em água aquecida e GIII – tratamento por irradiação com microondas), indicando que esses tratamentos não apresentaram efeito sobre a resistência à abrasão por escovação desses materiais;

2) Os tratamentos térmicos GII e GIII determinaram um aumento nos valores médios de perda de massa do material Tokuso Rebase, quando comparados com o grupo controle (GI – sem tratamento);

3) No grupo controle (GI – sem tratamento), os valores médios de perda de massa foram proporcionados pelos materiais Tokuso Rebase e Duraliner II foram estatisticamente iguais entre si e menores que aqueles observados com a resina termopolimerizável Lucitone 550;

4) O material Kooliner, no grupo controle (GI – sem tratamento) apresentou média de perda de massa estatisticamente igual àquelas obtidas com os materiais Duraliner II e Lucitone 550;

4) Para os grupos submetidos aos tratamentos térmicos (GII e GIII), os valores médios de perda de massa foram estatisticamente iguais para todos os materiais avaliados.

➤ **Rugosidade superficial:**

1) A resina Lucitone 550 apresentou os maiores valores médios de rugosidade em todas as condições experimentais avaliadas;

2) O material Duraliner II não apresentou alteração significativa nos valores médios de rugosidade em todas as condições experimentais analisadas;

3) O material Kooliner apresentou aumento da rugosidade média após o tratamento térmico por imersão em água (grupo GII), quando comparado com o grupo controle (GI), e após os ensaios de escovação;

4) Os tratamentos térmicos (grupos GII e GIII), resultaram em aumento dos valores médios de rugosidade para o material Tokuso Rebase, quando comparados com o grupo controle (GI), tendo sido esse efeito mais significativo para o tratamento por irradiação com microondas.

Referências Bibliográficas

REFERÊNCIAS*

1. AMERICAN NATIONAL STANDARD. **American Dental Association Specifications nº 12 for denture base polymer**, Chicago, 1975.
2. 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.
3. ARIMA, T.; MURATA, H.; HAMADA, T. Properties of highly cross-linked autopolymerizing reline acrylic resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 73, n. 1, p. 55-59, Jan. 1995.
4. ASHMORE, H.; VAN ABBÉ, N. J.; WILSON, S. J. The measurement *in vitro* of dentine abrasion by toothpaste. **Br. Dent. J.**, London, v. 133, n. 2, p. 60-66, July 1972.
5. AUSTIN, A. T.; BASKER, R. M. The level of residual monomer in acrylic denture materials with particular reference to a modified method of analysis. **Br. Dent. J.**, London, v. 149, n.10, p. 281-286, Nov. 1980.
6. AZEVEDO, A. et al. The development of surface hardness in hard chairside reline resins. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 79, n.5, p. 1160, 2000.
7. AZEVEDO, A. et al. Effect of disinfection protocol on the hardness and roughness of reline resins. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 81, p. A-414, 2002.

* ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023** : informação e documentação – referências- elaboração. Rio de janeiro : ABNT, 2002. 24p.

8. BAKER, S.; BROOKS, S. C.; WALKER, D. M. The release of residual monomeric methyl metacrylate from acrylic appliances in the human mouth: an assay for monomer in saliva. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 67, n.10, p. 1295-1299, Oct. 1988.
9. 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.
10. BOLLEN, C. M. L.; LAMBRECHTS, P.; QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v. 13, n. 4, p. 258-269, July 1997.
11. CONSANI, S. et al. Avaliação "in vitro" da abrasão produzida por dentifícios fluoretados comerciais. **Semina Ci. Biol. /Saúde**, v. 16, n. 2, p. 308-312, jun. 1995.
12. CORDON, M. Method for measuring the abrasion of dentin by dentifrices. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v.50, n. 2, p. 491-497, Mar./Apr. 1971.
13. CUCCI, A. L. M. 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.
14. CUCCI, A. L. M. et al. Resinas para reembasamento imediato: resistência à tração e alongamento. **Rev. Odontol. UNESP**, São Paulo, v. 27, n. 1, p. 299-309, jan./jun.1998.

15. CUCCI, A. L. M. et al. Water sorption, solubility, and 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.
16. DE CLERK, J. P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 57, n. 5, p. 650-658, May 1987.
17. DIXON, D. L.; BREEDING, L. C.; FALER, T. A. Microwave disinfection of denture base materials colonized with *Candida albicans*. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 81, n. 2, p. 207-214, Feb. 1999.
18. 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.
19. DYER D. et al. Abrasion and stain removal by different manual toothbrushes and brush actions: studies in vitro. **J. Clin. Periodontol.**, Copenhagen, v. 28, n. 2, p. 121-127, Feb. 2001.
20. FUJII, K. Fatigue properties of acrylic denture base resins. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v. 8, n. 2, p. 243-259, Dec. 1989
21. GRABENSTETTER, R. J. et al. The measurement of the abrasion of human teeth by dentifrice abrasives: a test utilizing radioactive teeth. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 37, n. 6, p. 1060-1068, Nov./Dec. 1958.

22. HARTE, D. B.; MANLY, R. S. Effect of toothbrush variables on wear of dentin produced by four abrasives. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 54, n. 5, p. 993-998, Sept./Oct. 1975.
23. HARTE, D. B.; MANLY, R. S. Four variables affecting magnitude of dentifrice abrasiveness **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 55, n. 3, p. 322-327, May/June 1976.
24. HASELDEN, C. A. et al. A comparison between the wear resistance of three types of denture resin to three different dentifrices. **J. Oral. Rehabil.**, Oxford, v. 25, n. 5, p. 335-339, May 1998.
25. HEFFERREN, J. J. A. Laboratory method for assessment of dentifrice abrasivity. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 55, n. 4, p. 563-573, Aug. 1976.
26. HENGCHANG, X. et al. Abrasion of acrylic veneers by simulated toothbrushing. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo, v. 42, n. 6, p. 367-370, Dec. 1984.
27. JEROLIMOV, V.; KRHEN, J.; BESIC, J. The role of residual monomer in PMMA power and methods of polymerization in the finding of residual monomer in poly (methylmethacrylate) denture base. **Acta Stomatol. Croat.**, v. 25, n. 1, p. 17-23, 1991.
28. JOHANNSEN, G.; REDMALM, G.; RYDEN, H. Cleaning effect of toothbrushing with three different toothpastes and water. **Swed. Dent. J.**, Stockholm, v. 17, n. 3, p. 111-116, 1993.

29. KAWAI, K.; IWAMI, Y.; EBISU, S. Effect of resin monomer composition on toothbrush wear resistance. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 264-268, Apr. 1998.
30. KODA, T. et al. High-performance liquid chromatographic estimation of eluates from denture base polymers. **J. Dent.**, Guildford, v. 17, n. 2, p. 84-89, Apr. 1989.
31. LAMB, D. J., ELLIS, B., PRIESTLEY, D. Loss into water of residual monomer from autopolymerizing dental acrylic resin. **Biomater.**, Guildford, v. 3, n. 3, p. 155-159, July 1982.
32. 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.
33. LELES, C. R. et al. Bonding strength between a hard chairside relining resin and a denture base material as influenced by surface treatment. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 28, n. 12, p. 1153-1157, Dec. 2001.
34. MACHADO, A. L. et al. Tensile bond strengths of hard chairside relining resins as influenced by water storage. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 26, n. 8 p. 631-634, Aug. 1999.
35. MACHADO, A. L. et al. Effect of a heat-treatment on the linear dimensional change of a hard chair-side relining resin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 88, n. 6, p. 611-615, Dec. 2002.

36. MAIR, L. H., et al. Wear: mechanisms, manifestations and measurement. Report of a workshop. **J. Dent.**, Guildford, v. 24, n. 1-2, p. 141-148, Jan./Mar. 1996.
37. MANLY, R. S. et al. Influence of method of testing on dentifrice abrasiveness. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 53, n. 4, p. 835-839, July/Aug. 1974.
38. 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. 347-50, May 1976.
39. MELLO, J.A.N. **Avaliação in vitro das 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.
40. PHANEUF, E. A. et al. Automatic toothbrush: a new reciprocating action. **J. Am. Dent. Assoc.**, v. 65, p. 12-24, July 1962.
41. POLYZOIS G. L., ZISSIS A. J., YANNIKAKIS, S. A. The effect of glutaraldehyde and microwave disinfection on some properties of acrylic denture resin. **Int. J. Prosthodont.**, Lombard, v. 8, n. 2, p. 150-154, Mar./Apr. 1995.

42. REIS, J. M. S. N. et al. A influência da irradiação por microondas na dureza de duas resinas autopolimerizáveis para reembasamento. **Brazilian Oral Research**, São Paulo, v.16, supl., p.83, 2002.
43. ROBINSON J. G.; MC CABE 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.
44. ROHRER, M. D.; BULARD, R. A. Microwave sterilization. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 110, n. 2, p. 194-198, Feb. 1985.
45. SEÓ, R. S. et al. In vitro toothbrushing abrasion of denture base and reline resins. **J. Dent. Res.**, v. 80, n. 4, p. 1097, 2001.
46. SEÓ, R. S. et al. Effect of microwave irradiation on the flexure strength of one hard chairside reline resin. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 81, Special Issue A (San Diego Abstracts), p. A-170, Mar. 2002.
47. SEXSON, J. C.; PHILLIPS, R. W. Studies on the effects of abrasives on acrylic resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 1, n. 4, p. 454-471, July 1951.
48. 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.
49. STAFFORD, G. D. et al. A review of the properties of some denture base polymers. **J. Dent.**, Guildford, v. 8, n. 4, p. 292-306, Dec. 1980.

50. STOOKEY, G. K.; MUHLER, J. C. Laboratory studies concerning the enamel and dentin abrasion properties of common dentifrice polishing agents. **J. Dent. Res.**, Washington, DC, v. 47, n. 4, p. 524-532, July/Aug. 1968.
51. SVINNSETH, P. N.; GJERDET, N. R.; LIE, T. Abrasivity of toothpastes. An vitro study of toothpastes market in Norway. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo, v. 45, n. 3, p.195-202, June 1987.
52. TANOUE, N.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Analysis of composite type and different sources of polymerization light on in vitro toothbrush/dentifrice abrasion resistance. **J. Dent.**, Guildford, v. 28, n. 5, p. 355-359, July 2000.
53. TSUCHIYA, H. et al. Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methyl methacrylate from acrylic resin denture base materials. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 71, n. 6, p. 618-624, June 1994.
54. 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.
55. VERRAN, J.; MARYAN, C. J. Retention of *Candida albicans* on acrylic resin and silicone of different surface topography. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 77, n. 5, p. 535-539, May 1997.

56. VIEIRA, D. F.; PHILLIPS, R. W. Influence of certain variables on the abrasion of acrylic resin veneering materials. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 12, n. 4, p. 720-731, July/Aug. 1962.
57. WANG, L. **Avaliação comparativa da resistência à abrasão de resinas compostas “condensáveis”, submetidas à escovação simulada, através da alteração de massa e da rugosidade superficial.** 2001. 133f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade de São Paulo, Bauru, 2001.
58. 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.
59. WEBB, B. C. et al. Effectiveness of two methods of denture sterilization. **J. Oral. Rehabil.**, Oxford, v. 25, n. 6, p. 416-423, June 1998.
60. WICTORIN, L. Effect of toothbrushing on acrylic resin veneering material. II. Abrasive effect of selected dentifrices and toothbrushes. **Acta Odontol. Scand.**, Oslo, v. 30, n. 3, p. 383-395, Sept. 1972.
61. 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.

62. 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.

Resumo

MENDONÇA, M. J. Efeito de diferentes tratamentos térmicos sobre a resistência à abrasão por escovação de resinas utilizadas para reembasamento de próteses removíveis. Araraquara, 2003. 197 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

Este estudo avaliou o efeito de 2 tratamentos térmicos na abrasão por escovação das resinas para reembasamento Duraliner II (D) , Kooliner (K) e Tokuso Rebase (T) e da resina termopolimerizável para base de prótese Lucitone 550 (L). As amostras foram confeccionadas utilizando-se uma matriz de aço (40x10x2mm). Após a polimerização, 36 amostras de cada resina foram submetidas a um dos tratamentos térmicos: irradiação por microondas (D -650W/4min; K - 550W/5min, T – 550w/ 4 min. e L - 500W/3min) e imersão em água a 55°C por 10 minutos para as resinas D, K e T e imersão em água a 55°C por 60 minutos para a resina L. As amostras restantes (n=18) foram utilizadas como controle. As amostras foram pesadas, sucessivamente, até obtenção de massa constante. A seguir, foram posicionadas em uma máquina de escovação, imersas em solução de 1:1 dentifício/água deionizada, e os ensaios foram realizados aplicando-se 200 g sobre cada escova. Após 20.000 ciclos, as amostras foram novamente recondicionadas até massa constante e a abrasão foi calculada (mg). A rugosidade superficial (Ra) também foi avaliada, por meio de rugosímetro, antes e após os ensaios. Os valores obtidos foram analisados por meio de análise de variância, seguida pelo teste de Tukey, e por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, em nível de significância de 5%. Os resultados de perda de massa indicaram que a resistência à abrasão dos materiais D, K e L não foi influenciada, significativamente ($p>0,05$), pelos tratamentos (GII – K – 1,5 mg; D – 1,1mg; L – 1,6mg; GIII – K – 1,4mg; D – 1,7mg; L – 2,1mg), quando comparados

com o grupo controle (GI – K – 2,1 mg; D – 1,2 mg; L – 2,7mg). Entretanto, a imersão em água aquecida (GII – 1,9 mg) e a irradiação com microondas (GIII – 1,8 mg) afetaram negativamente ($p < 0,05$) a resistência à abrasão do material T (GI – controle - 5 mg). O material L apresentou os maiores valores e rugosidade em todas as condições experimentais avaliadas (antes da escovação – GI – 0,22 μm ; GII – 0,29 μm ; GIII – 0,69 μm ; após escovação – GI – 0,41 μm ; GII – 0,55 μm ; GIII – 1,02 μm). Nenhuma alteração significativa ($p > 0,05$) foi observada na rugosidade média do material Duraliner II (antes da escovação – GI – 0,13 μm ; GII – 0,09 μm ; GIII – 0,12 μm ; após escovação – GI – 0,16 μm ; GII – 0,13 μm ; GIII – 0,18 μm). Para o material Kooliner, dos tratamentos avaliados, a imersão em água aquecida apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) na rugosidade superficial (antes da escovação – GI – 0,05 μm ; GII – 0,12 μm ; GIII – 0,10 μm ; após escovação – GI – 0,07 μm ; GII – 0,17 μm ; GIII – 0,16 μm). Os tratamentos térmicos aumentaram a rugosidade média do material T, tendo sido este efeito mais significativo ($p < 0,05$) com a irradiação em microondas (antes da escovação – GI – 0,15 μm ; GII – 0,13 μm ; GIII – 0,38 μm ; após escovação – GI – 0,21 μm ; GII – 0,34 μm ; GIII – 0,51 μm).

Abstract

MENDONÇA, M. J. Effect of heat-treatments on toothbrush wear resistance of reline acrylic resins. Araraquara, 2003. 197 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista.

This study evaluated the effect of two heat-treatments on the toothbrushing abrasion of the hard chair-side reline resins Duraliner II (D) and Kooliner (K), Tokuso Rebase (T) and the heat-polymerized denture base resin Lucitone 550 (L). Specimens were made by using a stainless steel mold (40x10x2mm). After processing, 36 specimens of each material were submitted to one of the following heat-treatments: microwave irradiation (D-650W/4min; K-550W/5min, T – 550w/4 min. e L 500W/3min) and immersion in water at 55° C for 10 min for D, K and T and immersion in water at 55° C for 60 min for L. The remaining specimens (n=18) served as control. The specimens were then submitted to successive weighings until constant mass. Tests were performed in a toothbrush abrasion machine using 20.000 strokes of brushing at a weight of 200 g. During the tests the specimens remained immersed in a slurry (1:1 dentifrice/deionised water). After testing, specimens were again reconditioned to constant weight and the mass loss was calculated (µg). Surface roughness (Ra) of the specimens was also evaluated with a profilometer, before and after being submitted to the tests. The results were analyzed by one-way analysis of variance (ANOVA) followed by Tukey's test, and Kruskal-Wallis non-parametric test. The analyses were conducted at 95% confidence level. The mass loss data indicated that the wear of material K, D and L was not significantly ($p>0,05$) affected by the heat-treatments (GII – K - 15 µg; D - 11 µg; L - 16 µg; GIII – K - 14 µg; D - 17 µg; L - 21 µg), compared with the control group (GI – K - 21 µg; D - 12 µg; L - 27 µg). However,

immersion in hot water (GII – 19 μg) and microwave irradiation (GIII - 18 μg) resulted in higher weight loss ($p < 0,05$) for material T compared with control group (GI – 5 μg). The material L showed the highest mean roughness values in all the experimental conditions evaluated (before toothbrushing – GI – 0,22 μm ; GII – 0,29 μm ; GIII – 0,69 μm ; after toothbrushing – GI – 0,41 μm ; GII – 0,55 μm ; GIII – 1,02 μm). No significant change ($p > 0,05$) was noted in roughness of the material Duraliner II (before toothbrushing – GI – 0,13 μm ; GII – 0,09 μm ; GIII – 0,12 μm ; after toothbrushing – GI – 0,16 μm ; GII – 0,13 μm ; GIII – 0,18 μm). For material Kooliner, the heat-treatment by immersion in hot water significantly increased ($p < 0,05$) the roughness mean values (before toothbrushing – GI – 0,05 μm ; GII – 0,12 μm ; GIII – 0,10 μm ; after toothbrushing – GI – 0,07 μm ; GII – 0,17 μm ; GIII – 0,16 μm). The heat-treatments increased the roughness mean values of the material Tokuso Rebase, with this effect being more significant ($p < 0,05$) for the microwave irradiation (before toothbrushing – GI – 0,15 μm ; GII – 0,13 μm ; GIII – 0,38 μm ; after toothbrushing – GI – 0,21 μm ; GII – 0,34 μm ; GIII – 0,51 μm).

Apêndices

Tabela 1 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Lucitone 550 - Grupo I (controle)**. (média de 5 pesagens).

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	1182,4	1179,7	2,7
2	1072,4	1069,3	3,1
3	1058,1	1054,7	3,4
4	1142,3	1139,8	2,5
5	1041,7	1040,5	1,2
6	969,7	968,1	1,6
7	1156,5	1153,5	2,9
8	996,7	992,6	4,1

Tabela 2 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Lucitone 550 - Grupo II (imersão em água)**. (média de 5 pesagens).

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	1111,5	1110,4	1,1
2	889,5	888,7	0,8
3	1027,0	1025,1	1,9
4	1042,9	1041,7	1,2
5	1137,7	1136,2	1,5
6	1017,5	1013,6	3,9
7	910,2	908,6	1,6
8	877,7	877,3	0,4

Tabela 3 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Lucitone 550 - Grupo III (irradiação com microondas)**. (média de 5 pesagens).

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	1028,7	1027,2	1,5
2	1120,8	1118,1	2,8
3	1347,8	1344,0	3,8
4	1039,7	1036,6	3,1
5	1051,0	1047,8	3,2
6	933,0	932,6	0,4
7	1081,6	1079,5	2,1
8	1050,3	1050,0	0,2

Tabela 4 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Duraliner II - Grupo I (controle)**.

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	740,0	739,1	0,8
2	737,8	735,7	2,2
3	731,2	728,3	2,9
4	750,8	748,9	1,8
5	740,0	739,9	0,1
6	748,5	747,8	0,8
7	727,6	727,0	0,6
8	755,8	755,4	0,4

Tabela 5 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Duraliner II - Grupo II (imersão em água)**.

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	729,5	728,4	1,1
2	745,6	744,1	1,5
3	758,6	757,4	1,1
4	770,1	769,4	0,7
5	791,6	789,9	1,7
6	747,2	746,6	0,6
7	730,0	729,1	0,9
8	753,5	752,4	1,1

Tabela 6 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Duraliner II - Grupo III (irradiação com microondas)**.

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	719,0	717,4	719,0
2	728,4	727,3	728,4
3	729,7	727,8	729,7
4	742,7	740,1	742,7
5	761,6	759,8	761,6
6	720,5	719,2	720,5
7	724,9	722,6	724,9
8	740,6	739,6	740,6

Tabela 7 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Kooliner – Grupo I** (controle).

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	781,2	779,8	1,4
2	754,5	752,2	2,3
3	782,3	778,9	3,4
4	777,2	774,3	2,9
5	759,9	758,7	1,2
6	783,9	782,9	1,0
7	769,7	768,2	1,6
8	775,9	772,7	3,3

Tabela 8 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Kooliner - Grupo II** (imersão em água).

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	789,8	789,1	0,7
2	765,7	763,3	2,4
3	782,5	780,2	2,3
4	763,3	761,9	1,4
5	798,8	797,6	1,2
6	765,7	763,3	2,4
7	789,8	789,1	0,7
8	798,8	797,6	1,2

Tabela 9 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Kooliner - Grupo III** (irradiação com microondas).

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	769,6	767,7	1,9
2	737,6	735,9	1,7
3	753,7	752,2	1,5
4	770,4	769,7	0,7
5	775,6	773,7	1,9
6	742,0	739,8	2,2
7	765,9	765,6	0,3
8	777,3	776,6	0,8

Tabela 10 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Tokuso Rebase – Grupo I (controle)**.

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	791,9	791,6	0,3
2	790,0	789,6	0,4
3	800,0	800,0	0,0
4	806,9	806,1	0,8
5	797,4	796,7	0,7
6	791,1	791,0	0,1
7	799,9	798,3	1,5
8	818,8	818,5	0,4

Tabela 11 – Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Tokuso Rebase - Grupo II (imersão em água)**.

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	805,2	804,1	1,1
2	821,3	819,3	2,0
3	809,7	805,6	4,1
4	861,6	860,3	1,3
5	797,1	794,8	2,3
6	799,5	799,3	0,2
7	811,0	808,2	2,8
8	811,3	810,2	1,1

Tabela 12– Valores de Massa (mg) dos corpos-de-prova do material **Tokuso Rebase - Grupo III (irradiação com microondas)**.

Corpo-de-prova	Massa inicial	Massa final	Diferença massa inicial / final
1	789,4	788,1	1,3
2	813,3	811,3	2,0
3	799,4	798,4	0,9
4	827,9	825,4	2,5
5	811,9	810,8	1,1
6	798,0	795,7	2,3
7	824,9	822,8	2,1
8	815,6	813,5	2,1

Tabela 13 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Lucitone 550 (L)** – Perda de massa nos três grupos experimentais avaliados.

A. Freqüência por intervalos de classe							
Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	8,33	20,83	41,67	20,83	8,33	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado		
Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	4,20	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	37,9300%	é normal

Tabela 14 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Duraliner II (D)** – Perda de massa nos três grupos experimentais avaliados.

A. Freqüência por intervalos de classe							
Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	4,17	37,50	29,17	20,83	4,17	4,17

B. Cálculo do Qui Quadrado		
Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	11,22	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	2,4200%	não é normal

Tabela 15 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Kooliner (K)**
 – Perda de massa nos três grupos experimentais avaliados.

A. Frequência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	0,00	37,50	25,00	29,17	8,33	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	20,88	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	0,0300%	não é normal

Tabela 16 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Tokuso Rebase (T)**
 – Perda de massa nos três grupos experimentais avaliados.

A. Frequência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	4,17	33,33	37,50	20,83	0,00	4,17

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	9,74	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	4,5000%	não é normal

Tabela 17 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L**, **D**, **K** e **T**) – Perda de massa para o grupo GI (controle).

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	3,13	31,25	34,38	21,88	9,38	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	6,92	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	14,0000%	é normal

Tabela 18 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L**, **D**, **K** e **T**) – Perda de massa para o grupo GII (imersão em água).

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	3,13	28,13	43,75	18,75	0,00	6,25

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	8,60	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	7,2000%	é normal

Tabela 19 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L, D, K e T**) – Perda de massa para o grupo GIII (irradiação microondas).

A. Freqüência por intervalos de classe							
Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	6,25	28,13	31,25	31,25	3,13	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado		
Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	5,65	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	22,6500%	é normal

Tabela 20 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Lucitone 550 - Grupo I (controle)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,18	0,34
2	0,29	0,61
3	0,21	0,59
4	0,23	0,30
5	0,20	0,21
6	0,24	0,43
7	0,18	0,34
8	0,25	0,48
9	0,26	0,52
10	0,18	0,32

Tabela 21 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Lucitone 550** - **Grupo II (imersão em água)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,17	0,80
2	0,80	0,94
3	0,64	0,74
4	0,06	0,05
5	0,18	0,29
6	0,21	0,33
7	0,19	0,45
8	0,18	0,51
9	0,22	0,49
10	0,23	0,91

Tabela 22 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Lucitone 550** - **Grupo III (irradiação com microondas)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,53	1,06
2	0,42	0,68
3	0,29	0,74
4	0,47	0,80
5	0,31	1,01
6	0,98	1,26
7	1,02	1,11
8	0,89	1,21
9	0,99	1,17
10	0,97	1,14

Tabela 23 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Duraliner II - Grupo I (controle)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,09	0,11
2	0,11	0,11
3	0,11	0,10
4	0,10	0,10
5	0,10	0,10
6	0,09	0,15
7	0,17	0,29
8	0,16	0,18
9	0,23	0,27
10	0,10	0,18

Tabela 24 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Duraliner II - Grupo II (imersão em água)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,05	0,06
2	0,05	0,06
3	0,06	0,07
4	0,05	0,05
5	0,05	0,06
6	0,19	0,27
7	0,05	0,15
8	0,12	0,19
9	0,11	0,19
10	0,15	0,16

Tabela 25 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Duraliner II - Grupo III (irradiação com microondas)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,13	0,25
2	0,22	0,29
3	0,17	0,24
4	0,12	0,21
5	0,12	0,15
6	0,07	0,11
7	0,06	0,10
8	0,17	0,14
9	0,06	0,15
10	0,05	0,13

Tabela 26 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Kooliner – Grupo I (controle)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,05	0,16
2	0,05	0,04
3	0,08	0,08
4	0,05	0,05
5	0,05	0,05
6	0,05	0,05
7	0,05	0,06
8	0,04	0,05
9	0,06	0,05
10	0,05	0,06

Tabela 27 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Kooliner - Grupo II (imersão em água)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,10	0,20
2	0,11	0,10
3	0,07	0,10
4	0,07	0,11
5	0,10	0,13
6	0,13	0,16
7	0,21	0,26
8	0,13	0,11
9	0,11	0,10
10	0,22	0,43

Tabela 28 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Kooliner - Grupo III (irradiação com microondas)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,05	0,05
2	0,05	0,05
3	0,07	0,06
4	0,05	0,05
5	0,05	0,05
6	0,12	0,24
7	0,14	0,39
8	0,14	0,24
9	0,17	0,27
10	0,15	0,25

Tabela 29 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Tokuso Rebase** – **Grupo I (controle)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,13	0,26
2	0,15	0,24
3	0,15	0,26
4	0,15	0,16
5	0,14	0,15
6	0,16	0,20
7	0,18	0,25
8	0,15	0,20
9	0,17	0,14
10	0,13	0,22

Tabela 30 – Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Tokuso Rebase** - **Grupo II (imersão em água)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,14	0,26
2	0,14	0,32
3	0,17	0,27
4	0,24	0,46
5	0,14	0,30
6	0,10	0,38
7	0,13	0,45
8	0,07	0,38
9	0,11	0,33
10	0,05	0,20

Tabela 31– Valores de Rugosidade (Ra) dos corpos-de-prova do material **Tokuso Rebase - Grupo III (irradiação com microondas)** (μm).

Corpo-de-prova	Ra inicial	Ra final
1	0,40	0,59
2	0,39	0,58
3	0,27	0,53
4	0,36	0,55
5	0,38	0,42
6	0,34	0,48
7	0,40	0,50
8	0,44	0,48
9	0,37	0,52
10	0,47	0,49

Tabela 32 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Lucitone 550 (L)** – Rugosidade nos três grupos experimentais avaliados.

A. Freqüência por intervalos de classe							
Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	6,67	21,67	43,33	20,00	8,33	0,00
B. Cálculo do Qui Quadrado							
Graus de Liberdade:	4			Interpretação:			
Valor do Qui Quadrado:	3,18			A distribuição amostral testada			
Probabilidade de Ho:	52,7900%			é normal			

Tabela 33 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Duraliner II (D)** – Rugosidade nos três grupos experimentais avaliados.

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	0,00	41,67	26,67	20,00	11,67	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	30,39	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	0,0000%	não é normal

Tabela 34 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Kooliner (K)** – Rugosidade nos três grupos experimentais avaliados.

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	6,67	21,67	48,33	20,00	0,00	3,33

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	8,48	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	7,5500%	é normal

Tabela 35 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais do material **Tokuso Rebase (T)** – Rugosidade nos três grupos experimentais avaliados.

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	1,67	5,00	18,33	48,33	20,00	6,67	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	4,27	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	37,1300%	é normal

Tabela 36 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L, D, K e T**) – Rugosidade para o grupo GI (controle/inicial).

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	0,00	32,50	42,50	20,00	2,50	2,50

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	10,70	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	3,0100%	não é normal

Tabela 37 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L**, **D**, **K** e **T**) – Rugosidade para o grupo GI (controle/final).

A. Freqüência por intervalos de classe							
Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	2,50	0,00	30,00	42,50	17,50	5,00	2,50
B. Cálculo do Qui Quadrado							
Graus de Liberdade:	4			Interpretação:			
Valor do Qui Quadrado:	8,85			A distribuição amostral testada			
Probabilidade de Ho:	6,5100 %			é normal			

Tabela 38 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L**, **D**, **K** e **T**) – Rugosidade para o grupo GII (imersão em água/inicial).

A. Freqüência por intervalos de classe							
Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	0,00	2,50	17,50	62,50	12,50	0,00	5,00
B. Cálculo do Qui Quadrado							
Graus de Liberdade:	4			Interpretação:			
Valor do Qui Quadrado:	27,28			A distribuição amostral testada			
Probabilidade de Ho:	0,0000 %			não é normal			

Tabela 39 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L, D, K e T**) – Rugosidade para o grupo GII (imersão em água/final).

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	2,50	2,50	7,50	65,00	12,50	10,00	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	38,46	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	0,0000 %	não é normal

Tabela 40 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L, D, K e T**) – Rugosidade para o grupo GIII (irradiação microondas/inicial).

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	2,50	5,00	7,50	67,50	7,50	10,00	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	46,11	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	0,0000 %	não é normal

Tabela 41 – Teste de aderência à curva normal: Valores originais de todos os materiais (**L, D, K e T**) – Rugosidade para o grupo GIII (irradiação microondas/final).

A. Freqüência por intervalos de classe

Intervalos de classe:	M-3s	M-2s	M-1s	Med.	M+1s	M+2s	M+3s
Curva normal:	0,44	5,40	24,20	39,89	24,20	5,40	0,44
Curva experimental:	2,50	5,00	20,00	35,00	30,00	7,50	0,00

B. Cálculo do Qui Quadrado

Graus de Liberdade:	4	Interpretação:
Valor do Qui Quadrado:	3,56	A distribuição amostral testada
Probabilidade de Ho:	46,8100%	é normal
