



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA



UNICAMP

BIBLIOTECA CENTRAL

SEÇÃO CIRCULANTE

LUÍS HENRIQUE BORGES

***EFEITO DO TEMPO PÓS-PRENSAGEM SOBRE A
RUGOSIDADE, DUREZA E POROSIDADE SUPERFICIAL DA
RESINA ACRÍLICA QC 20, EM DIFERENTES CICLOS DE
POLIMERIZAÇÃO.***

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR
EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA: ÁREA
PRÓTESE DENTAL.

PIRACICABA – SP
2001



LUÍS HENRIQUE BORGES

***EFEITO DO TEMPO PÓS-PRENSAGEM SOBRE A
RUGOSIDADE, DUREZA E POROSIDADE SUPERFICIAL DA
RESINA ACRÍLICA QC 20, EM DIFERENTES CICLOS DE
POLIMERIZAÇÃO.***

TESE APRESENTADA À FACULDADE DE
ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTOR
EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA: ÁREA
PRÓTESE.

ORIENTADOR: PROF. DR. SAIDE SARCKIS DOMITTI
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. SIMONIDES CONSANI

Banca Examinadora: Prof. Dr. Saíde Sarckis Domitti
Prof. Dr. Marcelo Ferraz de Mesquita
Prof. Dr. Mário A. C. Sinhoreti
Prof. Dr. João Neudenir Arioli Filho
Prof. Dr. Henner Alberto Gomide

Este exemplar foi devidamente corrigido,
de acordo com a Resolução CCPG-036/83
CPG, 19/04/2001

Saide Sarckis Domitti
Assinatura do Orientador

PIRACICABA – SP
2001

Ficha Catalográfica

B644e Borges, Luís Henrique.
Efeito do tempo pós-prensagem sobre a rugosidade, dureza e porosidade superficial da resina acrílica QC 20, em diferentes ciclos de polimerização. / Luís Henrique Borges. – Piracicaba, SP : [s.n.], 2001.
xiv, 145p. : il.

Orientadores : Prof. Dr. Saide Sarckis Domitti, Prof. Dr. Simonides Consani.
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas dentárias. 2. Prótese dentária completa. 3. Materiais dentários. I. Domitti, Saide Sarckis. II. Consani, Simonides. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. IV. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marilene Girello CRB/8-6159, da Biblioteca da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.



FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de DOUTORADO, em sessão pública realizada em 15 de Fevereiro de 2001, considerou o candidato LUÍS HENRIQUE BORGES aprovado.

1. Prof. Dr. SAIDE SARCKIS DOMITTI

2. Prof. Dr. HENNER ALBERTO GOMIDE

3. Prof. Dr. JOÃO NEUDENIR ARIOLLI FILHO

4. Prof. Dr. MARCELO FERRAZ MESQUITA

5. Prof. Dr. MARIO ALEXANDRE COELHO SINHORETI

A DEUS, pela vida
e por tudo que tem me concebido

À **Luciana**, pelo incentivo e
compreensão em mais esta trajetória.

A minha filha **Letícia**, presença constante
a partir de agora em minhas conquistas.

À meus pais **Eloy e Maria**, pelo apoio
exemplo e grandes ensinamentos
durante a minha vida.

Aos meus irmãos **André e Heloísa**,
pelo exemplo de perseverança
na busca de novas conquistas.

Dedico este trabalho

Agradecimentos Especiais

Ao ***Prof. Dr. SAIDE SARCKIS DOMITTI***, Titular da Área Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela amizade, paciência e habilidade na orientação deste trabalho.

Ao ***Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI***, Titular da Área Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP, pela disponibilidade, atenção e auxílio na execução deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos

Agradecimentos

À Direção da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP por ter me acolhido e dado a oportunidade da realização de mais esta etapa em minha carreira docente.

À Universidade de Uberaba pelo apoio, incentivo e ajuda financeira para que eu conseguisse esta qualificação.

A Área de Prótese Parcial Removível, na pessoa da Profª Drª Altair Antoninha Del Bel Cury, pela utilização do Laboratório.

A Área de Materiais Dentários, pela utilização do Laboratório.

Aos colegas e companheiros do curso de pós-graduação Sidney Kina, Eduardo Carrilho, Silvia H. Padovan e Rosemary Shinkai, pelo convívio, amizade, com certeza eterna.

À bibliotecária Marilene Girello da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela correção das referências bibliográficas.

Aos colegas Markito, Gilbertinho, Juliana, Paulinho, Maurício Tanji, Rafael Consani, e Roberto pela amizade.

Aos demais colegas de pós-graduação, pelo convívio durante o curso.

Aos Profs. Maria Izalina Ferreira Alves e Arlei Coldebella, pela Análise Estatística.

À todos aqueles que direta ou indiretamente possibilitaram a realização deste trabalho.

Ao CNPq pelo auxílio de bolsa através do processo n.º. 140340/2000

Sumário

	Pag.
Resumo.....	01
Abstract	03
1. Introdução	05
2. Revisão da Literatura	10
3. Metodologia	66
3.1 Materiais.....	66
3.2 Método.....	67
3.2.1 Confeção das Matrizes.....	67
3.2.2 Confeção dos corpos-de-prova.....	67
3.2.2.1 Inclusão das matrizes de silicona.....	67
3.2.2.2 Prensagem da resina.....	68
3.2.2.3 Acabamento e polimento dos corpos-de-prova.....	72
3.3 Avaliação da Rugosidade superficial.....	74
3.4 Contagem do número de Poros.....	75
3.5 Avaliação da Dureza Superficial.....	76
3.6 Metodologia Estatística.....	78
4. Resultados.....	79
5. Discussão dos Resultados.....	84
6. Conclusão.....	100
Referências Bibliográficas.....	101
Apêndice.....	110

RESUMO

Este trabalho teve o objetivo de avaliar o efeito do tempo pós-prensagem sobre a rugosidade, dureza superficial e porosidade da resina acrílica QC-20, em diferentes ciclos de polimerização. Para a confecção dos 81 corpos-de-prova foram utilizadas matrizes circulares de silicona de condensação medindo 30 mm de diâmetro e 5 mm de espessura, obtidas através de um molde padrão. As matrizes foram incluídas em muflas metálicas e muflas com reforço de fibra de vidro. A proporção pó/líquido, e a prensagem da resina acrílica foram feitas de acordo com as instruções do fabricante. As muflas foram deixadas em descanso por 30 minutos, 12 e 24 horas antes da polimerização que foi realizada nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas, 20 minutos em água em ebulição, e energia de microondas por 3 minutos a 500 W. Após o resfriamento em temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram submetidos aos processos de acabamento e polimento em politriz, e submetidos aos testes de rugosidade superficial média, através do rugosímetro Surfscorder SE 1700, dureza superficial em um microdurômetro Shimadzu, e porosidade superficial, através da imersão dos corpos-de-prova em tinta nankin por 8 horas, contados em área determinada. Os resultados

obtidos foram submetidos à análise de variância, e ao teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Concluiu-se que não houve diferenças significativas entre as médias obtidas pelos métodos para as variáveis rugosidade e porosidade. Para a variável dureza superficial, houve diferenças significativas entre o método convencional e os outros dois métodos, mostrando que o método convencional apresentou menor dureza em relação aos demais.

Palavras Chave: Resinas Acrílicas

Prótese dentária completa

Ciclos de polimerização

Porosidade

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of post-pressing step time on the roughness, surface hardness Knoop and porosity of a QC-20 acrylic resin in different polymerization cycles. Specimens were manufactured using 30 mm high and 5 mm thick round condensation silicone matrices, obtained through a standard method. The matrices were placed in metallic and in fiberglass-reinforced mufles. Powder/liquid ratio and acrylic resin pressing were carried as recommended by the manufacturer. Mufles were allowed to rest in the drill press for 30 minutes, 12 and 24 hours before being polymerized in heated water, boiling water and microwave energy cycles at 74°C for 9 hours. After cooling in room temperature, specimens were finished and polished with politriz. Afterwords, specimens were submitted to superficial roughness test, using roughness tester Surfcoorder SE 1700; to a superficial hardness test in a microdurometer Shimadzu 2000, and apparent porosity in which specimens were immersed in Nankin ink for 8 hours, being sectioned in a determined area later. The results were submitted to variance analysis and Tukey's test 5% significance level. It was concluded that there

were no significant differences between the averages obtained by the methods used for roughness and porosity. For superficial hardness, there were significant differences between the conventional method and the other two used, showing that the conventional method demonstrated less hardness when compared to the others.

Key words:

Acrylic Resins

Complete Denture

Polymerization Cycles

Porosity

1 - INTRODUÇÃO

O Brasil situa-se entre as nações com os mais altos índices de cárie dental. As cáries estão presentes hoje em 600 milhões de dentes, 90% dos quais jamais serão recuperados por falta de assistência. Observa-se que o brasileiro chega aos trinta e nove anos com doze dentes extraídos em média e aos cinquenta e nove, já perdeu vinte e quatro dentes. Cabe ainda destacar que três em cada quatro brasileiros perdem todos os seus dentes naturais até os sessenta anos de idade. Esses dados refletem a necessidade de uma política voltada para a promoção de saúde mais eficaz e abrangente.

Portanto, em virtude deste contexto, torna-se cada vez mais evidente a necessidade da confecção de próteses totais ou parciais para repor estas perdas dentárias. Para tanto, são indispensáveis profissionais habilitados que não somente detenham conhecimento sobre a biomecânica do aparelho estomatognático, mas também façam uso de um material que além de fácil operabilidade, reproduza o mais fielmente possível os tecidos buco-dentários perdidos.

A vulcanite foi o primeiro material desenvolvido para confecção de próteses totais, segundo (WOELFEL, 1977) em 1839 por CHARLES GOODYEAR, e, apesar de outros materiais terem sido usados o único satisfatório continuava sendo a borracha. A cor natural da vulcanite era marrom escuro esverdeado. Colori-la significava adicionar uma quantidade considerável de material inerte, o que diminuía sua resistência e durabilidade (SPENCER & GARIEFF, 1949). Além disso, a borracha era opaca e somente a cor superficial era visível. Sabiamente, no início, a odontologia considerava em primeiro lugar, a finalidade da prótese e o conforto do paciente, desenhando a base da prótese de modo que ela quase não aparecesse.

A veronite foi o primeiro dos compostos de resina acrílica, formulados para a odontologia, a ser introduzido nos Estados Unidos, e foi, provavelmente, a primeira aplicação do princípio monômero-polímero. A substância foi desenvolvida por HAROLD M. VERNON e LESTER B. VERNON, com a colaboração de membros das equipes de pesquisa e desenvolvimento da Rohm & Haas Company. A experiência clínica inicial de nova resina sintética processou-se no Departamento de Prótese Clínica da

Faculdade de Odontologia da Universidade de Pitisburgo, no final de 1936, sob a supervisão do DR. WALTER H. WRIGHT.

A veronite foi apresentada, oficialmente, aos profissionais na reunião da American Dental Association, em St. Louis, em 1938, e foi seguida, imediatamente, por um grande número de outros produtos dentários acrílicos. As resinas acrílicas representaram um desenvolvimento tão significativo na construção das bases de prótese que, por volta de 1946, estimava-se que mais de 95% das mesmas eram confeccionadas de polímeros e copolímeros do metil metacrilato.

Apesar das propriedades das resinas acrílicas das bases das próteses não serem ideais em alguns aspectos, é a combinação das qualidades, e não uma única propriedade desejável, que responde por sua popularidade e uso universal. As resinas acrílicas possuem propriedades estéticas excelentes, resistência adequada, pequena sorção de água e baixa solubilidade. Além disso, são atóxicas, podem ser reparadas facilmente, são capazes de reproduzir com precisão, retêm indefinidamente os detalhes e as dimensões do molde e podem ser usadas com uma técnica simples de moldagem e processamento

para a confecção de bases de próteses. A resina acrílica é incolor em seu estado puro e pode ser pigmentada e caracterizada facilmente, o que permite ao profissional a produção de próteses totais virtualmente imperceptíveis.

Desde 1936, muitas técnicas de polimerização vem sendo estudadas, tais como polimerização em banho de água aquecida (PHILLIPS, 1993), polimerização química à temperatura ambiente (PHILLIPS, 1993), polimerização através da energia de microondas (NISHI, 1968; ILBAY, 1994; HOGAN, 1990; KIMURA, 1983; HAYDEN, 1986; LEVIN et al., 1989; SADAMORI, 1994), polimerização através da luz visível (PHILLIPS, 1993; VALLITTU, 1996) e sistema de injeção utilizando energia de microondas (PHOENIX, 1997), numa tentativa de melhorar as propriedades físicas e mecânicas, facilitar o trabalho laboratorial e reduzir o tempo gasto na confecção de próteses totais (TAKAMATA et al., 1989). Com esta finalidade, resinas polimerizadas em ciclos rápidos, como as utilizadas em forno de microondas estão em ampla utilização nos laboratórios. Porém, pouco se tem estudado sobre técnicas de processamento, no que diz respeito ao tempo de descanso entre prensagem e polimerização da resina acrílica, e suas contribuições para a melhoria na qualidade da prótese total. Como relatado

em recente estudo CONSANI (2000), demonstrou não haver diferença estatística significativa nos valores de desajustes da base de prótese total, quando a polimerização foi efetuada imediata ou 6 horas após prensagem da resina acrílica.

Assim, à partir do conhecimento da existência de novos métodos e técnicas de polimerização e considerando a possibilidade de que possam influenciar as propriedades físicas e mecânicas das resinas acrílicas ativadas termicamente, este estudo tem o objetivo de avaliar o efeito do tempo pós-prensagem 30 minutos, 12 e 24 horas sobre a rugosidade, dureza e porosidade superficial da resina acrílica QC-20, em diferentes ciclos de polimerização.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

SPENCER & GARIEFF, em 1949, compararam as características da resina acrílica com as da borracha vulcanizada (Vulcanite) para a confecção de base de próteses, verificando que a resina acrílica apresentava maiores vantagens, tais como: a) fácil manipulação e reparo, b) melhor condutibilidade térmica, c) resistência ao crescimento bacteriano, d) translucidez e estabilidade de cor, e) menor permeabilidade aos fluidos bucais, e f) menor contração durante o processamento. As vantagens da vulcanite sobre os plásticos seriam a maior tolerância dos tecidos orais e, em muitos casos, menor gravidade específica. Segundo os autores, os plásticos quando adequadamente processados apresentavam vantagens definitivas sobre a vulcanite.

GRUNEWALD *et al.* realizaram, em 1952, um trabalho com o objetivo de avaliar as vantagens e desvantagens dos métodos usados para a inclusão de próteses. Foram investigadas as seguintes técnicas: 1) Inclusão por injeção. A mufla permaneceu em banho de água até a ebulição, ficando nessa temperatura por mais 45 minutos. Após a polimerização, a mufla permaneceu

em bancada durante 1 hora. Depois foi colocada em água até atingir a temperatura ambiente; 2) Inclusão por injeção modificada: A parte superior da mufla foi cortada para reduzir a condutividade térmica do metal para a resina e o cilindro de injeção foi refrigerado com gelo; 3) Inclusão por injeção, usando o equipamento da Luxene; 4) Inclusão por compressão: Após a prensagem, a mufla foi colocada em prensa rígida. O conjunto foi colocado em água à temperatura ambiente até atingir a temperatura de ebulição, onde permaneceu 45 minutos. Após a polimerização, a mufla foi deixada resfriar em bancada durante 1 hora, após o que foi colocada em água até atingir a temperatura ambiente. 5) Inclusão por compressão utilizando um soldador de ferro: o calor foi fornecido por um soldador de ferro, a mufla aquecida durante 2 e ½ horas e então resfriada como descrito anteriormente. As causas mais prováveis para a instabilidade dimensional de próteses incluídas pelas várias técnicas foram: tensão produzida na prótese durante o processamento e posterior liberação; variações nas dimensões resultantes do ganho ou perda de água causado pelo processamento; e polimerização incompleta da resina, com posterior polimerização ou perda de monômero. Tem sido demonstrado que qualquer aumento ou diminuição do conteúdo de água foi acompanhado por um aumento ou diminuição na dimensão da prótese. Não foi notada grande

diferença na sorção de água entre o método convencional por compressão ou injeção. A dureza e resistência transversa não foram influenciadas pelas técnicas de inclusão.

SMITH & BAINS, em 1956, detiveram-se principalmente, em desenvolver um método para a estimação e detecção de monômero residual. Com este intuito, utilizaram métodos qualitativos e quantitativos. No método qualitativo a detecção do monômero foi verificada através de uma reação química na qual o reagente é uma solução aquosa de permanganato de potássio a 0,001 N. Reagindo a solução de permanganato de potássio com a solução de monômero, ocorreram mudanças na coloração que variavam do vermelho até o amarelo, de acordo com a concentração do monômero. O limite inferior para o teste foi de 1 em 3 ppm. As alterações na coloração obtidas para os pós de polímero comerciais indicaram a presença de monômero residual nos mesmos. Além disso, foi observada semelhante alteração de cor quando uma mistura de polímero/monômero foi polimerizada por um curto espaço de tempo. No entanto, quando utilizado ciclo longo de polimerização, nenhuma alteração era verificada. Esta observação permitiu verificar que este teste era específico para metil metacrilato residual. Entretanto, este método é qualitativo, sendo necessária a utilização de métodos

quantitativos. Dentre os métodos quantitativos existentes, o mais adequado era o de brometo de potássio a 50% em ácido acético. A partir deste, os autores desenvolveram um método químico o qual permitiu calcular o conteúdo de monômero residual, remanescente de vários ciclos de polimerização. De acordo com os resultados, observou-se que mesmo após 6 horas com água em ebulição, uma base de prótese normal apresentava 0,2% de monômero residual. Similarmente, após 20 horas a 72°C uma 2ª amostra apresentava aproximadamente 0,1% de monômero residual. Corpos-de-prova que foram processados sob essas mesmas condições apresentaram resultados negativos, quando submetidos à reação com permanganato de potássio, apontando que o monômero residual não pode ser extraído ou não está acessível em polímeros bem polimerizados, enquanto em corpos-de-prova submetidos a ciclos de polimerização incompletos, o monômero foi rapidamente lixiviado pela água. Os autores também utilizaram a espectrofotometria para determinar a presença de monômero residual através do espectrofotômetro Perkin-Elmer na faixa de absorção infravermelho. Os resultados obtidos foram comparados com os anteriores e verificaram que, embora os resultados obtidos pelo espectrofotômetro fossem positivos, a determinação não era tão boa quanto o método químico.

SMITH & BAINS, em 1958, determinaram a concentração de monômero residual em próteses totais e em amostras feitas de resina acrílica rosa e incolor, submetidas à diferentes ciclos de polimerização. A concentração do monômero foi determinada por método químico. Foram confeccionadas próteses totais superiores, polimerizadas através dos ciclos: a) 336 horas à temperatura constante de 70 °C e b) 90 minutos a 70 °C, seguido de 1 hora até 9 horas à temperatura de 100°C. Após o término do processo, as próteses totais foram seccionadas, e uma das partes foi dividida em fragmentos, os quais foram pesados cuidadosamente e dissolvidos em ácido acético glacial, para determinação da concentração de monômero residual. As concentrações de monômero residual variaram conforme a área da qual o fragmento foi removido: vestibular, borda vestibular, lingual, borda lingual e palato. Esta variação foi atribuída à provável diferença de temperatura entre essas áreas durante o ciclo de cura a qual se deve a diferença de espessura do material e a taxa de perda de calor.

A utilização da irradiação por microondas para a polimerização de resinas acrílicas foi relatada pela primeira vez por **NISHI**²⁸, em 1968. Esse

método proporcionava um aquecimento rápido e uniforme tanto na superfície como no interior da resina. A energia de microondas é gerada por um oscilador magnético e, quando irradia um objeto, é absorvida e transformada imediatamente em calor. O autor avaliou a porosidade de amostras de 65,0 x 13,0 x 9,0 mm confeccionadas em resina acrílica termopolimerizável em muflas metálicas perfuradas irradiadas por 9 minutos, imersas em água para evitar um superaquecimento. Também verificou outras propriedades físicas, como: sorção de água, dureza, resistência a tração, resistência transversal, deflexão transversal, resistência à retenção de dentes artificiais e adaptabilidade das bases de próteses, com esta finalidade novas amostras foram confeccionadas através da irradiação por 9, 10, 11 e 12 minutos. Os resultados obtidos na pesquisa foram os seguintes: a) resina livre de poros foi obtida com a redução de energia de alta frequência; b) as propriedades físicas das resinas irradiadas por 11 minutos foram tão satisfatórias quanto as resinas polimerizadas em banho de água.

DAVENPORT, em 1970, investigou a distribuição e a concentração de *Candida sp* em próteses totais superiores e saliva. Foram preparados esfregaços da superfície de próteses totais superiores em contato

com a mucosa palatal de 50 pacientes portadores de estomatite protética. Esse esfregaços foram comparados com aqueles de pacientes com mucosa sadia. Além disso, biópsias foram realizadas, retirando-se um amostra circular com 3,0 mm de diâmetro da mucosa palatal inflamada de 10 pacientes com estomatite protética. Os pesquisadores observaram que o número de células com cândida foi maior nos esfregaços das próteses em relação aos da mucosa palatal, resultado confirmado pelas biópsias. Segundo os autores, a estomatite protética está mais associada com a proliferação da cândida, que ocorre primeiramente na placa bacteriana existente sobre a prótese do que aquela existente sobre a mucosa inflamada, sugerindo que o tratamento deve ser direcionado para reduzir o número de cândida, principalmente, sobre as próteses.

JAGGER *et al.* realizaram, em 1975, um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito dos agentes de ligação cruzada sobre a dureza, o escoamento e recuperação das resinas acrílicas utilizadas como base de próteses totais. Para a confecção das amostras, foi utilizada uma proporção pó-líquido de 3,5:1 em volume, sendo a polimerização realizada a 70°C durante 7 horas, seguida por 100°C durante 1 hora, em banho de água. Após a

polimerização, resfriamento lento e demuflagem, as amostras foram acabadas e polidas manualmente utilizando discos de carboneto de silício de granulação decrescente. As amostras foram armazenadas em ar durante 7 dias a temperatura constante de 23 a 25°C e umidade relativa de 50 a 60 %. O agente de ligação cruzada utilizado foi o etileno glicol dimetacrilato, o qual foi adicionado ao monômero em concentração variando de 0 a 100 % em volume. Neste estudo foi utilizada uma máquina de teste de microdureza Wallace modelo H6B. Foram realizadas leituras relacionando profundidade de penetração em carga de 300 g e recuperação em função do tempo. Inicialmente, a carga foi aplicada durante 15 segundos e então a leitura foi feita. Esta carga foi mantida durante 60 segundos e então foi realizada uma segunda leitura. Após a remoção da carga, foram realizadas novamente leituras a 15 e 60 segundos. Este procedimento foi repetido imediatamente para verificar o efeito da carga sucessiva em um mesmo local da amostra. Posteriormente, a carga foi aplicada durante 2 minutos e a recuperação medida 20 minutos depois. Os autores concluíram que o agente de ligação cruzada não tem qualquer efeito sobre a dureza das resinas acrílicas, pelo menos dentro das temperaturas a que é submetida na boca. Não foi notada qualquer relação entre a quantidade de agente de ligação cruzada adicionado ao monômero e o

grau de recuperação ou escoamento da resina, assim como não existe relação com a profundidade da penetração. Assim, qualquer aumento na dureza superficial devido ao endurecimento intermolecular causado pelo agente de ligação cruzada deve ser neutralizado pelo aumento do efeito plasticizante do material intersticial não reagido, devido ao aumento da concentração de agente de ligação cruzada

SABT *et al.*, em 1975, estudaram o efeito de diferentes ciclos de polimerização e materiais de inclusão utilizados na confecção de próteses totais sobre a porosidade. Setenta amostras com 27,0 mm de diâmetro x 10,0 mm de espessura foram confeccionadas e divididas em cinco grupos de 14 elementos. Cada grupo foi subdividido em 02 subgrupos de acordo com o material de inclusão utilizado, sendo que metade das amostras foram incluídas em gesso Paris, e metade em gesso especial. Resina acrílica convencional foi inserida nos moldes e polimerizada pelos seguintes métodos: 1)banho de água a 71°C por 03 hrs, seguido de 01 hr a 100°C; 2)banho de água a 65,5°C por 90 min, seguido de 01 hr. a 100°C; 3)banho de água a 73,8°C por 08 hrs, seguido ½ hr. em água fervendo; 4) banho em água a 60°C por 30 min, 71,1°C por 20 min., e 100°C por 45 min.; 5) banho de água por 9 hrs. a 71,1°C. As amostras

foram polidas, e a gravidade específica foi determinada usando o princípio de Archimedes, onde todos os corpos de prova foram pesados em ar com balança hidrostática e a densidade em g/cm^3 . Os resultados indicaram que o gesso utilizado não tem efeito sobre a porosidade quando do 2º e 3º ciclos de polimerização.

Em 1976, **McCABE & BASKER** utilizaram a cromatografia gás-líquida para investigar os efeitos das condições de cura sobre o conteúdo de monômero residual de resinas acrílicas dentais. Foram preparados corpos-de-prova com as dimensões de 50 mm x 50 mm x 3 mm de 02 tipos de resina: Stellan (termopolimerizável) e De Trey (autopolimerizável). A 1ª foi submetida a 4 diferentes ciclos de cura: a) 7 horas a 70°C seguidas por 3 horas a 100°C calor úmido. b) o mesmo período em calor seco; c) 20 minutos em água fervente seguidos de 20 minutos em água aquecida e mais 20 minutos em água em ebulição; d) 20 minutos em água fervente. Observou-se que o nível menor de monômero residual ocorreu no ciclo longo em calor úmido. Quanto aos demais ciclos, o nível de monômero residual detectado foi semelhante. Na resina autopolimerizável, foi encontrado o mais alto nível de conteúdo de

monômero residual apresentando-se 4 vezes maior que o 1º ciclo citado para a resina termopolimerizável.

WOELFEL , em 1977, em seu artigo sobre processamento de próteses totais, relatou que a borracha dura vulcanizada foi demonstrada e patenteada por **GOODYEAR**, em 1839, sendo o material mais usado durante 80 anos na confecção de próteses totais antes da introdução da resina acrílica em 1936.

Em 1978, **JAGGER** investigou o efeito do ciclo de cura sobre o grau de polimerização de resinas acrílicas e suas propriedades mecânicas. Amostras de resina termopolimerizáveis convencional foram preparadas misturando-se polímero e monômero na proporção de 3,5 para 1 por volume e polimerizada através de quatro diferentes ciclos: 1) 7 horas a 70°C; 2) 14 horas a 70 °C; 3) 1 hora a 100°C e 4) 7 horas a 70°C mais 1 hora a 100 °C. Para se estudar a estrutura do polímero, as amostras foram imersas no ácido nítrico 80% durante 5 segundos, lavadas em água e secas com ar comprimido. A seguir foram examinadas e fotografadas através de lupa **ZEISS ULTRAPHOT**. A viscosidade da solução foi investigada através da dissolução

de 5 g de polímero em 100 ml de clorofórmio em banho de água com temperatura controlada a $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, e medida com viscosímetro B.S.S. 188. A quantidade de monômero residual foi determinada através de cromatografia gasosa. Testes de dureza foram realizados em microdurômetro WALLACE, e de resistência transversal em máquina INSTRON, com velocidade de 5,0 cm/min. Finalmente, a sorção de água foi verificada através do peso de amostras secas e amostras imersas em água destilada a 37°C durante 1 a 24 horas. O ganho de água foi expresso como a porcentagem de aumento do peso da amostra após remoção do dessecador. Os pesquisadores verificaram que o ciclo de cura não tem importância sobre a dissolução do polímero no monômero, sendo improvável que a proporção matrix/polímero residual interfira nas propriedades mecânicas. O ciclo de polimerização de 7 horas a 70°C , acrescido de 1 hora a 100°C , produziu amostras com alto grau de polimerização e, conseqüentemente, com maiores valores de dureza e resistência transversal, garantindo amostras sem poros e com alto peso molecular. Também foi observado que existe correlação entre o monômero residual, dureza, resistência transversal e sorção de água, sugerindo que a concentração de monômero residual é o parâmetro mais importante na determinação das propriedades do material.

O efeito de gradientes de temperatura sobre as propriedades de resina acrílicas polimerizadas através de calor ou temperatura ambiente foi verificado por **FARAJ & ELLIS**, em 1979. Amostras de resina química e termopolimerizáveis foram feitas a partir da inclusão de discos metálicos com 50,0 mm de diâmetro x 8,0 mm de espessura. Após o preenchimento dos moldes, pares termoeletricos foram adaptados tanto no gesso próximo à parede da mufla, como na resina, no centro e na periferia da massa, através de orifícios na mufla metálica. A resina termopolimerizável foi curada a 70°C e 100°C. A densidade das amostras foi determinada pelo peso em ar e em água a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ imediatamente após a abertura da mufla e após condicionar o peso constante em dessecador. As alterações dimensionais durante o processamento foram medidas relativas às dimensões de círculos marcados no gesso. O módulo de elasticidade foi verificado em corpos de prova de 6,0 cm de comprimento x 1,0 cm de largura x 1,7 mm de espessura, através de carga de 100 g/min. em três pontos, e a deflexão foi medida através de microscópio. Segundo os autores, a resina autopolimerizável completa a cura satisfatoriamente sem temperatura exotérmica elevada, e isto depende da espessura da amostra. No entanto, durante a cura em banho de água aquecida,

o centro da massa da resina termopolimerizável apresentou um “atraso” em atingir a temperatura da água do banho durante o processamento, ou seja, existe um determinado período de tempo para que o centro da massa de resina consiga atingir a mesma temperatura do banho de água. Nenhuma porosidade foi encontrada para esta resina, quando curada a 70°C, porém quando processada a 100°C, a porosidade foi observada quando a temperatura exotérmica atingiu 136°C, ultrapassando o ponto de ebulição do monômero. Houve contração dimensional de 0,53 e 0,26% e densidade de 1,19 e 1,18 para as resinas termo e autopolimerizáveis, respectivamente.

AUSTIN & BASKER, em 1980, desenvolveram um estudo cujos objetivos foram: descrever um método para a estimativa do monômero residual e a verificação de sua precisão; investigar o efeito dos procedimentos de manipulação sobre o conteúdo de monômero da resina acrílica; e a descrever casos clínicos nos quais foi atribuída à alta concentração de monômero residual a causa de danos a mucosa oral. Nesse trabalho, foram utilizados corpos-de-prova de resina termopolimerizável e resina de polimetil metacrilato (PERPEX). A resina termopolimerizável foi submetida a 2 tipos de ciclo de polimerização, um longo e outro curto; os corpos-de-prova

também variaram de espessura, apresentando de 2 a 4 mm, e o armazenamento foi feito a seco e na água. A extração do monômero foi feita após 1 hora e, a seguir, analisado através da cromatografia gás-líquida. Os autores provaram que o método proposto nesse trabalho é um método preciso, reproduzível e que requer pouca quantidade de material para ser executado. Também verificaram que há uma relação entre o conteúdo de monômero residual, temperatura atingida e tempo de polimerização, que em ciclos longos o nível de monômero residual detectado foi de 0,29%; que em ciclos curtos o nível de monômero aumentou mais de 700%. Igualmente, foi observado que amostras mais finas tendiam a apresentar uma maior concentração de monômero residual que as amostras mais espessas, quando submetidas ao mesmo ciclo de polimerização, e atribuíram isso ao fato de a polimerização ser uma reação química exotérmica e que atinge mais altas temperaturas nas regiões mais espessas convertendo maior quantidade de monômero em polímero. Observaram, ainda, que não havia diferença significativa quanto ao conteúdo de monômero entre as amostras que foram armazenadas em água e aquelas que foram mantidas em lugar seco. No caso clínico reportado nessa pesquisa, a irritação da mucosa foi atribuída a presença de monômero residual na base da prótese total, o qual encontrava-se 6 a 11 vezes maior que o

conteúdo normal de uma resina termicamente ativada, quando submetida ao ciclo longo.

A aplicação de energia de microondas para polimerização de resinas acrílicas dentais foi estudada em 1983 por **KIMURA *et al.*** Os autores utilizaram resinas termopolimerizáveis convencionais, sendo uma transparente e outra colorida. Para a manipulação da resina transparente foi utilizada a proporção pó/líquido de 2,4:1, e para a resina colorida de 1:1 em peso. Através dessa proporção foram preparadas misturas com pesos de 7 g, 15g e 21g, polimerizadas através de microondas durante 5,10,15,20, 25, 30, 35 e 40 minutos, para se verificar quanto tempo seria necessário para que atingissem a fase plástica e a polimerização completa. Também foram verificadas as seguintes características: 1) adaptação das bases de próteses polimerizadas através dos seguintes métodos: a) banho de água elevando a temperatura para 100°C em 60 minutos e permanecendo em água fervente por mais 30 minutos; e b) energia de microondas por 3 minutos. 2) Estabilidade de cor e formação de fendas em próteses totais construídas com dentes de resina e de porcelana, curadas através dos métodos descritos no item anterior. 3) Deformação do gesso pedra dental em amostras de 30,0 x 50,0 mm irradiados por energia de

microondas durante 05 a 20 minutos, através da medida do diâmetro e da altura das mesmas, após refrigeração à temperatura ambiente. 4) Porosidade em amostra de: a) 5,0 mm de espessura de resina transparente curada em microondas durante 2,3,5,10 e 15 minutos refrigeradas em temperatura ambiente; b) 10,0 mm de espessura de resina transparente, polimerizada em microondas durante 3 minutos e refrigeradas através das seguintes condições: b.1) em gelo (0°C); b.2) em água corrente (15°C); e b.3) em ar (20°C); c) 1,5 e 3,0 mm de espessura irradiada por 3 minutos; d) 3,0 mm de espessura contendo grampos de Cr-CO com 0,9 mm de diâmetro, polimerizadas por: d.1) energia de microondas durante 3 minutos; e d.2) banho de água elevando a temperatura para 100 °C em 60 minutos e permanecendo em ebulição por 30 minutos. Os resultados indicaram que: 1) embora a mistura monômero-polímero geralmente atinja a fase plástica em 15 – 20 minutos à temperatura ambiente, este tempo pode ser diminuído com o uso do microondas, e a mistura se torna mais homogênea. 2) Quanto maior o peso da mistura monômero – polímero, maior será o tempo necessário para atingir a fase plástica. 3) A adaptabilidade da base de prótese curada em microondas foi superior àquela obtida pelo banho de água. 4) A alteração de cor ou fendas entre dentes artificiais e bases foram raramente observadas em ambas as

próteses. 5) Deformação do gesso pedra foi raramente observada. 6) A porosidade foi raramente observada em resinas curadas por 3 minutos e foi menor para amostras refrigeradas em ar. Os grampos de Cr-CO não influenciaram a polimerização da resina por microondas, e não foi observada porosidade ao redor dos mesmos.

SKINNER , em 1984, teceu comentários sobre a abrasão e polimento das resinas acrílicas, abordando também os efeitos dos dentifrícios sobre este material. O autor considerou que antes de ser colocado na boca, qualquer tipo de aparelho protético deve ser altamente polido, pois uma superfície rugosa, além de desconfortável, favorece o acúmulo de alimentos e outros detritos, os quais podem causar manchas e corrosão no aparelho. O termo abrasão significa o desgaste de uma superfície por outra, pelo efeito do atrito. A abrasão pode ser útil para alisar uma superfície rugosa, como preparo para o polimento. Em contraste com os instrumentos de corte, as rodas abrasivas ou instrumentos rotatórios diamantados contém milhares de pontas abrasivas, distribuídas ao acaso. Os abrasivos existem com tamanhos variados de partículas, que devem ser usadas sempre em granulações progressivamente decrescentes. Um abrasivo pode ser tão fino, que a superfície resultante pode

ser tão lisa que reflete regularmente a luz, sendo considerada então uma superfície polida. A ação do abrasivo sobre uma superfície é uma ação de corte. O distúrbio superficial de uma resina, como em uma base de prótese total, inclui a introdução de tensões superficiais, que podem causar distorção, se a abrasão for excessivamente rigorosa, o que causa uma verdadeira fusão da superfície da resina. Se as partículas de abrasivo forem de tamanho suficientemente reduzido, os sulcos podem até desaparecer inteiramente, sendo a superfície então considerada polida. Quando os sulcos não são mais visíveis a olho nu, o polimento preliminar pode ser conseguido com pedra pomes, aplicado com roda amarela de lona. Após a limpeza, usa-se uma pasta da mistura de pedra pomes com água, sempre em torno de bancada em alta velocidade. Este processo é repetido várias vezes, até que a superfície esteja razoavelmente bem polida. Após isto, o trabalho deve ser completamente limpo, após o que a roda de lona é substituída por uma roda de feltro ou algodão. Pode ser usado um tipo de cera, que favorece a obtenção de uma superfície altamente polida.

Em 1985, **JEROLIMOV *et al.***, verificaram se a alteração da proporção polímero/monômero das resinas acrílicas dentais

termopolimerizáveis resultaria em alterações dos níveis de monômero residual do produto já pronto e se haveria relação entre a quantidade de monômero residual e a propriedades flexurais. Foram feitos 40 corpos-de-prova divididos em 10 grupos, onde foram combinados dois ciclos de polimerização com diferentes proporções pó/líquido. Os ciclos utilizados foram: a) 14 horas a 70°C e b) 7 horas a 70°C, mais 3 horas a 100°C. As proporções pó/líquido foram: 1,5/1; 2/1; 2,5/1; 3,5/1; 4,5/1. O monômero residual foi extraído pelo refluxo em metanol e analisado através da cromatografia gasosa. Segundo os autores: a) as propriedades flexurais das resinas termopolimerizáveis melhoram com a redução do monômero residual; b) o ciclo de polimerização tem maior influência que a razão polímero/monômero na redução dos níveis de monômero residual; c) o ciclo que utilizou o tempo adicional de 3 horas a 100°C produziu os menores níveis de monômero residual; d) para o ciclo que não utilizou o tempo final com água fervente à medida que a proporção pó/líquido aumentou houve uma diminuição significativa dos níveis de monômero com uma leve melhora das propriedades flexurais.

As propriedades físicas da resina termopolimerizável convencional curada pelo banho de água e por energia de microondas foram

estudadas em 1985 por REITZ, *et al.* Foram confeccionadas 20 amostras com 25,0 x 12,0 x 2,5 mm de dimensão e 20 corpos de prova com maior espessura (3,0 x 1,0 x 1,0 cm). Metade das amostras de ambas as dimensões foram polimerizadas em banho de água a 165 °F durante 8 horas, e a outra metade em forno de microondas a 400 W por 2 e ½ minutos de cada lado. A seguir foram confeccionadas mais 10 amostras espessas, curadas em forno de microondas equipado com prato giratório a 90 W por 6 ½ minutos de cada lado. As propriedades investigadas foram: dureza com impressora BARCOL, resistência transversal em máquina INSTRON com velocidade de 0,125 cm/min e porosidade. Para estudar a porosidade, as amostras foram polidas, imersas em tinta preta e repolidas, sendo o número de poros contidos em uma área de 2,4 x 1,9 mm contados com aumento de 20 vezes. As amostras mais espessas foram seccionadas ao centro, e a superfície cortada foi examinada quanto à presença de poros. Os resultados demonstraram que não houve diferenças na porosidade entre os métodos de cura para as amostras mais finas, porém para aquelas mais espessas foi observada porosidade na região central, quando curadas por microondas. De acordo com os autores, a porosidade pode ser reduzida, aumentando-se o tempo e diminuindo-se a potência durante a cura através de microondas.

Em 1986, um estudo comparando a resistência à compressão entre resinas acrílicas polimerizadas por banho d'água e por energia de microondas foi realizado por **HAYDEN**. Foram utilizadas três resinas termopolimerizáveis: a) a primeira contendo copolímeros de metil metacrilato; b) a segunda, uma resina de polimetil metacrilato contendo partículas de borracha, resistente ao impacto; e c) e uma terceira, considerada padrão, sendo de polimetil metacrilato. Foram confeccionadas bases de próteses totais, com 2,0 mm de espessura. Os moldes foram prensados, e quatro métodos de polimerização foram utilizados: 1) banho de água aquecido a 163°F por 9 horas (ciclo longo). 2) banho de água aquecido a 163°F por 1,5 hrs. (ciclo curto). 3) energia de microondas a 700 W por 2 minutos de cada lado da amostra; e, 4) Energia de microondas a 90 W por 6 e ½ minutos de cada lado do corpo de prova. Após a polimerização, as amostras foram refrigeradas por 30 minutos em ar e 15 minutos em água fria, e submetidas aos testes de resistência à compressão em máquina INSTRON. A análise estatística dos dados revelou diferenças significante entre o ciclo curto em banho de água e os métodos de cura em microondas, sendo que as resinas curadas pelo último método apresentaram menores valores de resistência à compressão. A resina

acrílica contendo partículas de borracha apresentou maior resistência em relação à resina padrão. De acordo com o autor, é possível que a menor resistência das amostras curadas em microondas seja devido à rápida polimerização e formação de cadeias curtas de polímeros com baixo peso molecular, enquanto amostras polimerizadas pelo ciclo longo contêm características de absorção de energia devido à formação de cadeias longas com alto peso molecular.

ULUSOY *et al.* realizaram, em 1986, um estudo com o objetivo de selecionar o método de polimento que pudesse fornecer uma superfície mais lisa sobre resinas acrílicas ativadas quimicamente e termicamente, comparando a efetividade das diferentes técnicas de polimento. As amostras foram confeccionadas com 1 cm de diâmetro na base, 1 cm de altura e 0,5 cm de diâmetro no topo. Os materiais utilizados foram a resina acrílica Quick Rodex ativada termicamente e a resina Vertex ativada quimicamente, de acordo com as instruções dos fabricantes. Foram confeccionadas 10 amostras para cada grupo, que sofreram diferentes tipos de polimento, realizados pelo mesmo profissional, com baixa rotação, pressão suave e contato intermitente sob spray de água. A pedra abrasiva foi aplicada durante 15 segundos. Cada

tipo de disco abrasivo foi aplicado durante 15 segundos sobre cada lado da amostra. Foram aplicados também um cone de feltro com pasta de pedra-pomes e escova macia com pó de giz, durante 15 segundos cada. A rugosidade superficial das amostras foi determinada por um Perfilômetro (Perthen GmbH, Alemanha) com registros gráficos. A ponta do perfilômetro passou através das superfícies das amostras em linha reta, registrando a média aritmética de rugosidade, média de altura de picos e vales, obtendo valores em micrômetros. Foi realizada uma passagem sobre cada amostra de cada grupo, e os dados foram analisados estatisticamente para as diferenças entre as várias técnicas de polimento. As amostras foram também analisadas por microscopia eletrônica de varredura. De acordo com os resultados, os melhores valores foram obtidos com a utilização progressiva de pedras abrasivas, discos abrasivos grossos, médios e fino, cone de feltro com pasta de pedra-pomes e escova macia com pó de giz.

Segundo COMBE, em 1986, as resinas acrílicas próprias para uso em microondas utiliza uma combinação de metil e etil metacrilatos no monômero, que podem conter um grupo reativo em cada extremidade da cadeia molecular, com o propósito de diminuir a pressão de vapor em

temperaturas mais elevadas, e permitir a polimerização dessas resinas acrílicas à temperaturas que variam de 100 a 150°C.

Em 1987, SANDERS *et al.* estudaram a diferença na quantidade de porosidade formada em resinas acrílicas após a polimerização por microondas resfriadas subitamente ou então através do resfriamento lento sobre a bancada até a temperatura ambiente. O autor também comparou dois métodos de polimerização em microondas com o método convencional do banho de água. Os corpos-de-prova consistiram de blocos 4,3 x 1,0 x 1,0 cm preparados com cinco diferentes marcas de resina acrílica, sendo uma especialmente fabricada para a polimerização em microondas. Cada resina foi prensada nos moldes e então polimerizada por meio de três técnicas: 1) banho de água a 170°F por 9 horas e resfriadas subitamente por 20 minutos em água corrente; 2) irradiação de microondas a 90 W em forno com prato giratório por 61/2 minutos de cada lado da amostra e após 15 minutos foi resfriada em água corrente por 4,5 minutos; 3) polimerização em microondas da mesma forma anterior e resfriada à temperatura ambiente por 2 e 1/2 horas. As amostras foram polidas e tinta nanquim foi aplicada sobre a superfície para avaliação da porosidade. As mesmas foram repolidas e então examinadas por três

pesquisadores previamente calibrados. Os resultados indicaram que houve uniformidade na formação dos poros para todas as resinas e técnicas de cura. A resina especialmente formulada para uso em microondas exibiu menor nível de porosidade que as demais, fato este que talvez possa se atribuído à diferença de composição destas resinas, que apresentam na sua formula monômeros de metil e etil metacrilato.

De acordo com **DE CLERCK**, em 1987, a energia de microondas pode ser utilizada para gerar calor no interior da resina, eliminando a necessidade da transferência de calor da água quente através de várias estruturas, como a mufla e gesso pedra e modelo até atingir a resina. Segundo o autor, a energia de microondas economiza tempo e custo, com a vantagem de conter menor quantidade de monômero residual e oferecer as mesmas propriedades físicas, quando comparada ao método convencional de polimerização.

AL DOORI *et al.*, em 1988, compararam propriedades físicas das resinas acrílicas utilizadas para confecção de bases de prótese total polimerizada por energia de microondas e pela técnica convencional.

Utilizaram 4 tipos de resina acrílica: 3 polimerizadas durante 7 horas a 70°C seguidas de 3 horas a 100°C (ciclo longo) e 1 polimerizada durante 20 minutos a 100°C (ciclo curto). As amostras incluídas em mufla plásticas especiais reforçadas com fibra de vidro foram polimerizadas em forno de microondas doméstico equipado com prato giratório, para absorção uniforme das microondas durante a operação, por 24 minutos a 70 W. Os autores relatam que as moléculas do metil metacrilato dentro de um campo magnético mudam rapidamente de direção, conseqüentemente numerosas colisões intermoleculares causam rápido aquecimento por fricção molecular. Os resultados mostraram com vantagem da polimerização em microondas a limpeza de processamento e manejo do equipamento, porém não encontraram vantagem desta técnica em relação ao método super rápido de polimerização em água aquecida. Segundo os autores, uma microonda é uma onda eletromagnética produzida por um gerador (Magnetron), com comprimento entre 1 mm e 30 cm, comprimento maior que raios infravermelhos (porém menor energia), mas menor que as ondas de rádio e televisão (portanto maior energia).

Em 1988, **BAKER *et al.*** desenvolveram um método através da cromatografia gás-líquida para detectar monômero residual em saliva, sangue e na urina. Também foi analisada a presença de monômero livre na saliva de voluntários saudáveis portadores de aparelhos palatinos de resina acrílica autopolimerizável e temopolimerizável. O monômero liberado na saliva foi detectado uma semana após a inserção dos aparelhos autopolimerizáveis, com concentração máxima de 45 µg/ml; não foi detectado monômero no sangue e urina. O monômero residual foi detectado na saliva de voluntários que usavam aparelhos polimerizados em banho de água a 70°C apenas por 1 hora, não sendo detectada a presença de monômero, quando o ciclo era de 70°C por 3 horas. Os aparelhos de resina autopolimerizáveis liberaram a quantidade máxima de monômero 29 µg na primeira hora de uso. Os autores sugerem que, para minimizar a liberação de monômero dos aparelhos autopolimerizáveis, os mesmos deverão permanecer imersos em água por 24 horas antes de colocar em uso.

As propriedades físicas de resinas acrílicas polimerizadas por microondas e pelo método convencional de banho de água foram estudadas, em 1988, por **TROUNG & THOMAZ**. Amostras com dimensões específicas

para testes de resistência transversal (realizados de acordo com o padrão australiano 1043 – 1971), dureza Knoop, sorção de água, perda de massa por lixiviação, porosidade e extração do solvente, foram confeccionadas com quatro diferentes resinas. Na polimerização feita por banho de água, as amostras foram imersas diretamente em água fervendo, sendo a fonte de calor imediatamente desligada, após 20 minutos reaplicada e então permanecendo por 10 minutos. Para cura em microondas, a resina preparada foi pré-pólimerizada durante 1 min a 90 W, e posteriormente as amostras usadas para avaliação da porosidade foram curadas por um dos seguintes ciclos: 1) 13 min. a 90W, 2) 24 min. a 90W, 3) 30 min. a 90W, 4) 6 min a 60 W e 6 min. a 90W, todos os ciclos seguidos de 2 minutos a 500W. Para os demais testes o método n.º 1 de polimerização foi usado. Após a cura, as amostras foram resfriadas em água corrente por 20 minutos. Os resultados indicaram que não houve diferença entre os valores de resistência transversal e dureza para os dois métodos de cura. A porosidade foi observada em todas as amostras e foi atribuída ao excessivo calor de reação, que pode ser reduzida pelo controle da potência no início da reação. Segundo os autores, a resina deve ser curada durante os primeiros 6 minutos a 60 W e então a potência deve ser aumentada para 90W durante 6 minutos, com pós-cura a 500 W por 2 minutos, evitando-

se assim a porosidade. O método de cura em banho de água mostrou maior concentração de monômero residual.

A sugestão de que a incompleta polimerização das resinas acrílicas com conseqüente excesso de monômero residual causaria alteração na cor das mesmas, com o passar do tempo, levou **ARAB *et al.***, em 1989 a simular em laboratório os procedimentos de limpeza utilizados pelos pacientes em espécimes de resina acrílica com alta e baixa quantidade de monômero residual. Foram utilizadas 4 diferentes soluções de imersão durante 100 dias e avaliaram a aparência visual, características de superfícies, transmissão de luz, resistência transversa e dureza superficial. Os resultados mostraram que as amostras com alto e baixo conteúdo de monômero residual obtiveram alteração similar para os ensaios relacionados aos processos de alteração de cor. Entretanto, as propriedades físicas (resistência transversa e dureza superficial) foram afetadas adversamente pela alta quantidade de monômero residual das amostras.

JEROLIMOV *et al.*, em 1989, realizaram um trabalho com o objetivo de avaliar os efeitos dos ciclos de curas (rápido e longo), nas

propriedades físicas e mecânicas das resinas acrílicas dentais. Foram confeccionadas amostras retangulares de 65 x 50 mm e com espessura mínima de 3, 6, e 9 mm. A proporção pó/líquido de 3:2:1 v/v foi usada em todas os grupos. As muflas foram mantidas sob pressão por 15 minutos em uma prensa, depois foram polimerizadas em banho de água. As muflas foram deixadas em resfriamento de bancada e posteriormente foram abertas pelo processo de rotina. Os testes de porosidade, dureza, monômero residual, e propriedades mecânicas, onde o autor concluiu que, se a taxa de polimerização é alta, o calor gerado pela reação exotérmica também é alto e se esse calor não pode ser dissipado causará a vaporização do monômero e conseqüentemente a porosidade. Segundo ainda o autor, essa taxa de polimerização é dependente também da concentração de peróxido de benzoíla presente no pó (polímero) e dimetil p-toluidina (ativador químico) presente no líquido para reagir com o peróxido de benzoíla e produzir radicais livres para iniciar a polimerização. Ainda segundo o autor, a quantidade ideal de dimetil p-toluidina é de aproximadamente $\frac{1}{4}$, ou 0,025%. A presença do dimetil p-toluidina significa que a polimerização começa em uma baixa proporção ou taxa depois da mistura evitando assim uma súbita polimerização e uma grande reação exotérmica. Porém grandes quantidades de dimetil p-toluidina podem produzir

o oposto levando a um aumento da taxa de polimerização e um aumento do calor de reação exotérmica causando também a porosidade.

Em 1989, LEVIN *et al.* realizaram uma revisão bibliográfica sobre o uso de energia de microondas para polimerizar resinas acrílicas. Segundo os autores, as propriedades físicas das resinas curadas por este método podem ser exageradas, e existe a necessidade de desenvolvimento de materiais e métodos de processamento adequados, e pesquisas sobre as propriedades físicas devem continuar. Próteses polimerizadas em microondas têm a vantagem do curto tempo de cura, facilidade de manipulação e limpeza. As desvantagens estão relacionadas à mufla plástica especial para este método, que são de custo elevado e podem se quebrar após processamento de muitas próteses.

Um estudo comparando a precisão dimensional, porosidade e outras propriedades físicas, usando o método convencional e a polimerização por microondas, foi conduzido por SHOLSBERG *et al.*, em 1989. Para a confecção das próteses totais os autores utilizaram resina convencional. Os ciclos de polimerização usados foram: a) banho de água a 74°C durante 8

horas, seguido de aquecimento a 100°C por 1 hora; b) irradiação de microondas por 90 segundos a 90 W com mufla em posição vertical e 90 Seg. a 500 W em posição horizontal. As muflas foram removidas do forno, resfriadas durante 20 minutos em bancada e a seguir colocadas sob água corrente. As próteses foram acabadas e a seguir armazenadas em água destilada por 21 dias a 37°C. A precisão dimensional foi verificada através do peso de uma silicona de adição interposta entre a base de resina e o modelo mestre metálico sob carga de 3,36 Kg. A porosidade foi verificada através de um corte nas próteses, na região dos primeiros molares, sendo a superfície do corte polida e avaliada com aumento de 10 vezes. Amostras de 6,5 x 1,0 x 0,3 cm das resinas curadas pelos dois métodos foram polidas e armazenadas 21 dias em água para a realização dos seguintes testes: 1) densidade: calculada pela divisão do peso pelo volume da amostra; 2) resistência transversal: observada através de uma máquina INSTRON – 1123 com velocidade de 1mm/min; 3) dureza Knoop: avaliada sob carga de 20g; 4) monômero residual: verificado por espectroscopia infra-vermelha; 5) resistência da resina em reparos: sendo as amostras reparadas com o uso de resina convencional polimerizada em microondas e resina autopolimerizável. As amostras foram posicionadas com 1,5 mm de distância e testadas pelos métodos já descritos.

Além disso, próteses parciais removíveis foram confeccionadas e polimerizadas com energia de microondas e banho de água e testadas quanto à Dureza Knoop, porosidade e adaptação da resina tanto ao metal quanto aos dentes artificiais. Os resultados indicaram que não houve diferença na adaptação das próteses com os dois métodos de polimerização. O mesmo ocorreu com as demais propriedades, apenas a dureza Knoop das resinas em região próxima à estrutura metálica das PPR foi menor, quando da polimerização por microondas.

Um método de registro contínuo da temperatura durante a polimerização através de energia de microondas foi desenvolvido por **HOGAN & MORI**, em 1990. Os autores mediram a temperatura durante o aquecimento de 50 ml de água à potência de 50 e 500 W durante 1,5 a 15 minutos, através de dois métodos: 1) por meio de um termômetro de mercúrio e 2) através de um par termoeletrico adaptado ao forno. Além disso, o tempo em que a água entrou em ebulição foi anotado através de observação visual. A temperatura da resina termopolimerizável convencional e do gesso de inclusão também foi medida através do par termoeletrico em amostras de 40,0 x 25,0 x 10,0 mm durante a polimerização à potência de 50 W. Foi demonstrado que o

uso de um par termoeletrico é um método eficaz para se medir a temperatura durante a irradiação por microondas. Com o ciclo de 500 W, a água atingiu a temperatura de ebulição em 1 minuto, sendo que este tempo coincidiu com a observação visual da ebulição. Com 50 W de potência, a água ferveu em 6 minutos, no entanto pelo observação visual este tempo foi de 10 minutos. Dessa forma, a observação visual ou por medida de termômetro intermitente pode subestimar a temperatura atingida durante a irradiação. Os resultados também mostraram que, durante a polimerização da resina, a temperatura da mesma apresentou picos e depressões que não foram evidentes no gesso, e o calor gerado na massa de resina é dissipado lentamente uma vez que o gesso é um bom isolante térmico. Os autores salientam ainda a importância da água livre no gesso durante a irradiação.

Com o objetivo de comparar a porosidade de bases de próteses curadas com energia de microondas e com o método convencional de banho de água, **BAFILE *et al.***, em 1991, desenvolveram um estudo na tentativa também de desenvolver uma técnica capaz de polimerizar próteses por microondas sem a presença de porosidade visível. As resinas acrílicas e métodos de polimerização utilizados foram: a) resina convencional curada em

banho de água a 165°F por 9 horas (controle); b) mistura de polímero com monômero micro-líquido (HD JUSTI Co) polimerizada em forno de microondas com prato giratório a 90 W por 13 minutos, seguido de 450 W por 2 minutos. c) H.D. JUSTI Co, curada em forno de microondas a 90 W durante 6 ½ min. de cada lado da mufla, seguido de 1 min. de cada lado a 450 W. d) H.D. JUSTI Co, curada em forno de microondas com prato giratório durante 10 minutos a 225 W. e) H.D. JUSTI Co, curada em forno de microondas por 2 ½ min. de cada lado a 450 W. f) Resina convencional polimerizada em microondas por 6 ½ min. de cada lado a 90 W, seguido de 1 min por lado a 450 W. g) Resina convencional curada em microondas com prato giratório durante 13 minutos a 90 W, seguido de 2 minutos a 450 W. As amostras foram pesadas em ar e em água para calcular a porosidade ou colocadas em tinta preta e observadas sob microscópio. Os resultados revelaram que não existe diferença na porosidade total entre o grupo controle e os grupos experimentais que continham o micro-líquido especial b,c,d. Quando o micro líquido não foi usado (grupos f e g), ocorreu porosidade significativa. Os autores concluíram que a irradiação por microondas pode ser usada para obtenção de resina sem poros, desde que o monômero líquido –

“micro líquido” – especial e combinações de tempo/potência adequadas sejam utilizadas.

Em 1991, **NOWLIN *et al.***, compararam a resistência à tração e porosidade de duas resinas específicas para polimerização através de energia de microondas (ACRON G-C e JUSTI) com uma resina termopolimerizável convencional (PARAGON). Amostras com 5,0 x 10,0 x 30,0 mm de cada resina foram processadas pelos seguintes métodos: a) pré-polimerização sobre bancada por 04 horas e processamento durante 7 minutos a 70 W. b) processamento durante 1,5 min a 490 W para resina ACRON G-C. c) pré-polimerização sobre bancada durante 30 minutos e processamento a 70 W por 13 minutos a 490 W por mais 1,5 minutos para resina JUSTI e PARAGON. A resistência à tração foi determinada por meio de máquina INSTRON, e a porosidade foi determinada através de contagem dos vazios corados em superfícies seccionadas e polidas. Os resultados demonstraram que não houve diferenças significantes para a resistência à tração, e as resinas polimerizadas por meio de microondas apresentaram o menor número de poros.

Em 1992, **TAUBERT & NOWLIN** investigaram a porosidade da resina acrílica termopolimerizável quando processada através da energia de microondas relacionando-a com o tempo decorrido entre a prensagem e a polimerização (pré-polimerização em bancada), a potência e tempo de processamento. As amostras de 1,0 x 1,0 x 3,0 cm foram pré-polimerizadas sobre a bancada em intervalos de tempo, variando de 4 a 12 horas e posteriormente curadas em forno de microondas durante 2,5, 4,5 e 7,0 minutos de cada lado da mufla e potência de 490, 280 e 70 W respectivamente. A seguir, as amostras foram seccionadas, polidas e imersas em tinta preta. Os poros foram contados com aumento de 45 vezes. Os resultados indicaram que, com o aumento do tempo e diminuição da potência, a porosidade diminuiu. As amostras que não receberam polimerização à temperatura ambiente mostraram altos valores de porosidade e aquelas curadas com alta potência apresentaram porosidade moderada. Assim como aquelas com tempo de cura menor que 7 minutos. Com o aumento do tempo de polimerização em temperatura ambiente, a porosidade tende a diminuir. De acordo com os autores, os melhores resultados foram obtidos com maior tempo de polimerização em temperatura ambiente, baixa potência e longo tempo de processamento.

PHILLIPS, em 1993, relatou que existem muitos fatores, além da adaptação da base de prótese, que são responsáveis por sua eficiência durante a função desempenhada na boca. Relatou também que a força máxima de mordida de um paciente que usa dentadura artificial é de somente 1/6 daquela exercida por uma pessoa com dentição natural. No processamento da base, existem inúmeros ciclos de polimerização, sendo o mais aceito aquele que utiliza um tempo de 9 horas a 74 °C, sem ebulição no final. É um ciclo longo que utiliza baixa temperatura. Observou que a contração de polimerização é distribuída por toda a superfície da base da prótese total. Segundo o autor existem métodos alternativos para a ativação da reação de polimerização, como o método de ativação por luz visível, quimicamente ativadas e energia de microondas, sendo este último, um método mais limpo e rápido que a polimerização em água quente. Bases de prótese total processadas por microondas apresentam propriedades físicas comparáveis e adaptação semelhante ou superior às processadas pelos métodos convencionais

Em 1994, **ILBAY et al.** investigaram se as resinas acrílicas convencionais podem ser polimerizadas através de energia de microondas e

estudaram algumas de suas propriedades físicas. Corpos-de-prova com dimensões de 20,0 mm de diâmetro x 1,0 mm de espessura foram preparados com resina termopolimerizável convencional MELIODENT e polimerizadas através de 21 diferentes ciclos de cura, variando-se a potência: 110, 165, 220, 275, 330 e 550 W; e o tempo: 1,2,3,6,8 e 10 minutos. A dureza Vickers foi verificada de acordo com a técnica padrão descrita pela especificações Alemã de 1981, e a especificação n.º 09 da ADA foi utilizada para verificação da resistência transversal e deflexão em amostras que apresentaram maior dureza no teste anterior. Testes de sorção de água e solubilidade foram realizados em amostras de $50,0 \pm 1,0$ mm de diâmetro e $0,5 \pm 0,05$ mm de espessura. Os pesquisadores verificaram que a polimerização ocorreu em 15 dos 21 ciclos de cura realizados, sendo que o tempo mínimo foi de 2 minutos na potência máxima (550W) e 10 minutos na potência mínima (110W). Não houve porosidade significativa em qualquer das amostras polimerizadas, porém aquelas curadas com alta potência foram mais porosas. Com relação à dureza, resistência transversal e deflexão, a técnica de polimerização através da energia de microondas forneceu valores tão satisfatórios quanto o método convencional do banho de água aquecida. Os valores de sorção de água e solubilidade encontrados estão de acordo com as especificações da ADA. Os

autores concluíram que as resinas convencionais para base de prótese podem ser adequadamente polimerizadas por energia de microondas.

CURY *et al.*, em 1994, compararam as propriedades físicas de sorção e solubilidade em água, resistência transversal, flexão máxima antes da fratura e resistência ao impacto de quatro marcas comerciais de resinas acrílicas dentais: 1) especificamente formulada para microondas, que foi polimerizada a 500 W de potência por 3 minutos; 2) duas resinas termopolimerizáveis que foram curadas em banho de água aquecida a 73 °C durante 12 horas; e 3) uma resina quimicamente ativada que foi polimerizada durante 1 hora à temperatura ambiente. Para o ensaio de sorção de água, foram confeccionadas dez discos de 50,0 x 05 mm que foram colocados em dessecador a $37 \pm 2^{\circ}\text{C}$. As amostras foram então pesadas e o valor da sorção de água calculado. Para o teste de solubilidade, os discos foram novamente recondicionados a um peso constante até que a variação não fosse superior a 0,5 mg em um período de 24 horas, e a solubilidade foi calculada. A resistência transversal e a flexão máxima foram verificadas em amostras de 65,0 x 10,0 x 2,5 mm através de máquina INSTRON com velocidade de deformação de 50 mm/min. e carga de 10 Kgf. Essa amostras também foram

utilizadas para o teste de resistência ao impacto realizado em máquina WOLPERT com ação de impacto de 40 Kpcm. Os autores observaram que as resinas diferenciam entre si em relação às propriedades físicas estudadas e que as diferenças observadas estão relacionadas ao método de cura e à composição das mesmas.

Em 1994, **SADAMORI *et al.*** examinaram a influência da espessura e localização de monômero residual em amostras de resina acrílica polimerizada por 3 métodos: convencional, resina fluida e microondas. Os resultados sugerem que a alteração dimensional, estabilidade além de outras propriedades físicas e mecânicas da prótese total confeccionada em resina acrílica pode ser influenciada pelo método de processamento, espessura das bases e pela forma e tamanho das próteses.

VAN NOORT em 1994, discorreu sobre as resinas quimicamente ativadas cuja polimerização é iniciada pelo dimetil-p-toluidine ou ácido sulfinico incorporado ao líquido ao invés do calor. Esse método de polimerização não é tão eficiente quanto a polimerização térmica da resina e resulta em moléculas de peso inferior. Isso provoca a diminuição nas

propriedades de resistência da resina e aumento no valor do monômero residual.

GARCIA, em 1995, verificou a adaptação e porosidade de bases de próteses submetidas a dupla ciclo de polimerização. Foram confeccionados modelos em gesso pedra, e sobre estes, bases de resina acrílica convencional polimerizadas em banho de água aquecida durante 9 horas a 74°C formando o grupo 1 e 2; e bases de resina específica para irradiação em microondas foram construídas sobre os modelos e polimerizadas em forno de microondas doméstico, equipado com prato giratório, durante 3 minutos a 500 W, formando o grupo 3. A seguir todas as bases foram reembasadas pelo método de adição, sendo que aquelas dos grupos 1 e 3 foram reembasadas com o mesmo material e técnica de polimerização. As bases do grupo 2 foram preenchidas com resina convencional, porém polimerizadas em forno de microondas durante 3 minutos a 500 W. A porosidade foi verificada através da imersão das amostras polidas em tinta preta, e os poros contados em lupa estereoscópica com aumento de 63 vezes. O autor conclui que tanto após o primeiro como o segundo ciclo de cura, a resina convencional apresentou maior média de número de poros.

Em 1995, MESQUITA avaliou o efeito do polimento químico sobre a Dureza, Rugosidade Superficial e Resistência ao Impacto de resinas acrílicas ativadas química e termicamente, em diferentes períodos de armazenagem. Foram confeccionadas 80 amostras divididas em 4 grupos de variáveis, com 5 repetições cada variável, nos períodos de 1 hora, 1 dia, 1 semana e 1 mês. Para confecção das amostras foi utilizada uma matriz retangular de alumínio incluída em mufla, cujo molde impresso no gesso foi preenchido com resina acrílica. Após polimerizadas, as amostras divididas em dois grupos foram polidas pelos processos de polimento químico e convencional. Em seguida, foram armazenadas em água destilada a 37°C durante os períodos de tempos propostos. Após a armazenagem, as amostras foram submetidas aos testes de Rugosidade Superficial, num rugosímetro Prazis (Rug-3); Resistência ao Impacto, numa máquina OTTO Wolpert Werke (Sistema Charpy); e Dureza, com penetrômetro Durimet. A análise estatística dos dados de rugosidade superficial revelou diferença entre as resinas quando polidas de modo convencional apenas no período de armazenagem de 1 mês. No polimento químico, em todos os períodos de armazenagem, com superioridade estatística para os valores apresentados pela resina acrílica

ativada quimicamente com polimento químico em todos os períodos de armazenagem e com polimento convencional no período de armazenagem de 1 mês. Para ambas as resinas, os melhores valores foram obtidos com o polimento convencional em todos os períodos de armazenagem. Com relação a resistência ao impacto, a análise estatística revelou semelhança entre as resinas quando polidas de maneira convencional, apenas no período de armazenagem de 1 mês, e no polimento químico, em todos os períodos de armazenagem, com superioridade estatística para os valores apresentados pela resina acrílica ativada quimicamente, com polimento convencional nos períodos de 1 hora, 1 dia e 1 mês de armazenagem, e para a resina acrílica ativada quimicamente, nos períodos de 1 hora e 1 mês de armazenagem. A análise estatística dos dados de Dureza revelou diferença entre as resinas quando polidas de maneira convencional, com superioridade para a resina acrílica ativada termicamente com 1 dia de armazenagem, e para a resina acrílica ativada quimicamente com 1 mês de armazenagem. Com o polimento químico, a resina acrílica ativada termicamente apresentou superioridade estatística apenas nos períodos de 1 dia e 1 semana de armazenagem. Para a resina acrílica ativada termicamente, foi apresentada diferença estatística entre os polimentos apenas no período de armazenagem de 1 dia, com superioridade

para o polimento convencional. Para a resina acrílica ativada quimicamente, o polimento convencional apresentou valores superiores estatisticamente em todos os períodos de armazenagem.

CRAIG, em 1996, teceu considerações sobre as aplicações protéticas dos polímeros. O autor tratou da resistência ao impacto das resinas, citando que embora a adição de agentes plasticizantes possa aumentar a resistência ao impacto das resinas, este aumento é acompanhado pela diminuição da dureza, do limite proporcional, do módulo de elasticidade e da resistência à compressão. Os baixos valores de dureza encontrados nestes materiais mostram que as resinas podem ser facilmente abrasionadas. A adição de partículas inorgânicas pode aumentar a resistência à abrasão, mas a matriz da resina permanece com a mesma dureza. Com relação a estabilidade dimensional, o autor cita que o excesso de calor gerado pelo acabamento da prótese pode distorcer a base da prótese. Com as resinas ativadas quimicamente, é observada uma grande quantidade de monômero residual. Com relação à temperatura, os picos para as resinas ativadas quimicamente não são tão elevados quanto aqueles das resinas ativadas termicamente. A utilização de escovas, agentes de limpeza e dentifrícios podem produzir

abrasão na superfície das próteses, e foi estabelecido que o uso de água com sabão produziu menos abrasão na superfície das resinas quando comparado com os agentes de limpeza e dentifrícios.

KIMPARA & MUENCH, em 1996, realizaram um trabalho com o objetivo de determinar a porosidade da resina acrílica em decorrência de variações na técnica de processamento e volume de resina acrílica. Foram confeccionados blocos de gesso para obter peças com base de 2,0 x 2.0 cm e espessura de 0,5, 1.0, e 2.0 cm e também um cubo de 3,0 cm de aresta. Os blocos foram incluídos em silicona de duplicação. Nas cavidades deixadas na silicona, vertia-se cera fluida nº 7, a fim de obter blocos em cera que eram incluídos em gesso pela técnica convencional de processamento de dentaduras. As técnicas de processamento utilizadas foram, iniciar a polimerização imediatamente após a prensagem ou 24 horas depois; condensar a resina nas fases borrachoide, plástica e pegajosa. A polimerização foi feita pelo ciclo clássico de 3 horas. Os resultados permitiram concluir que: uma maior espera de tempo, após a prensagem, para a polimerização, diminui a porosidade; a fase borrachoide tende a diminuir a

porosidade; na polimerização imediata, conseguiu-se isenção de poros em até 1,0 cm de espessura e naquela, após 24 horas, em até 2,0 cm.

SAMUEL *et al.*, em 1996, realizaram um trabalho como o objetivo de avaliar a porosidade das resinas acrílicas de termo-polimerização em função do tempo decorrido entre a inclusão e a polimerização. O material utilizado foi a resina acrílica incolor da marca Clássico do fabricante Artigos Odontológicos Clássico LTDA.- São Paulo-SP. Segundo as indicações do fabricante, a proporção adequada de pó e líquido é de 3:1 (três para um) do frasco de medida que acompanha o conjunto. Foram utilizados 20 placas de vidro com espessura de 2 a 3 mm como matrizes para obter-se uniformidade e lisura superficial para a confecção dos corpos de prova. As suas paredes possuíam a forma espulsiva para facilitar a remoção posterior a sua polimerização. Após a prensagem da resina os corpos de prova de cada grupo foram submetidos a um ciclo de polimerização por 90 minutos entre 65°C e 70°C e por 60 minutos a 100°C, segundo os intervalos de tempo, 15 minutos, 12 horas, 44 horas, 1 semana, 2 semanas. Os corpos de prova foram submetidos a avaliação da porosidade através da análise visual de dois pesquisadores previamente calibrados para a contagem dos poros presentes em

4 cm² definidos igualmente em todos os corpos de prova e localizados centralmente às superfícies destes, e a segunda, através do teste de absorção de água de acordo com a especificação n.º 12 da A.D.A. Diante dos resultados pode-se concluir que o aumento do tempo decorrido entre a prensagem (fechamento da mufla) e a polimerização não é um fator determinante de maior porosidade das Resinas acrílicas termicamente ativadas. Apesar da constatação de que o monômero permanece volatizando (odor característico) durante o espaço de tempo em que a mufla foi armazenada, esta volatilização não é suficiente para causar porosidades constatáveis visualmente ou através do teste da absorção de água durante o período de até duas semanas. Os autores sugerem que feita a prensagem, a polimerização pode ser executada após um intervalo de até duas semanas sem riscos de causar porosidade na peça protética, desde que sejam observadas todas as recomendações e mantidos todos os cuidados requeridos por uma técnica correta de manipulação das resinas acrílicas de termopolimerização.

VALLITTU, em 1996, realizou um estudo com o objetivo de avaliar os efeitos do tratamento da superfície da resina acrílica sobre o conteúdo de monômero residual. Para isso o autor usou após a polimerização

do polimetil metacrilato, um complemento de polimerização por luz visível e em outro grupo o polimento convencional. O autor concluiu que tanto a polimerização por luz visível como o polimento convencional reduzem significativamente o nível de monômero residual nas bases de próteses totais.

PHOENIX, em 1997 descreveu a técnica de utilização do sistema de injeção para microondas. O autor considera que o método de injeção tem vantagens sobre o método convencional, ou compressão. O método de injeção elimina a necessidade de manipulação direta da resina durante o processo de prensagem, reduzindo significativamente a exposição ao metil metacrilato. Ocorre também uma redução no tempo de trabalho, e a técnica pode ser completada em um período de 7 minutos, não requerendo também a necessidade de abertura e fechamento repetitivo da mufla. Como desvantagem do sistema, o autor cita que: a) o custo adicional de uma prensa pneumática e outros componentes da mufla; b) a necessidade de adicionar e remover os canais de alimentação. Porém o autor sugere que outros estudos deverão ser feitos no sentido de avaliar a técnica.

ANUSAVICE, em 1998, citou que o acabamento e polimento das próteses promove três benefícios: saúde, função e estética. O benefício da saúde existe, evitando o acúmulo de alimentos e bactérias na superfície, além de facilitar a manutenção da higiene. A função é melhorada, pois as superfícies lisas dos dentes da prótese promovem melhor deslocamento do bolo alimentar e dos contatos entre os dentes antagonistas. Esteticamente, o acabamento promove principalmente em áreas visíveis, como nos dentes anteriores, uma compatibilidade com os dentes adjacentes. O processo de polimento é a etapa mais refinada do acabamento, são produzidos riscos tão finos que não são visíveis.

BRAUN *et al.*, em 1998, confeccionaram 36 corpos de prova com resinas, contendo uma estrutura metálica em seu interior, divididos em três grupos: o primeiro com resinas termopolimerizáveis polimerizadas em banho de água quente, o segundo com resina própria para polimerização em microondas, e o terceiro grupo com resina termopolimerizável tradicional curada em microondas. Este estudo objetivou avaliar a efetividade da polimerização em microondas de um corpo contendo estrutura metálica em seu interior. Foram analisadas a dureza, porosidade e nível de monômero

residual. Foi concluído que a energia de microondas pode polimerizar resinas de próteses com estrutura metálica e que os corpos polimerizados por este método, apresentaram menores níveis de monômero residual e maior dureza superficial.

BRAUN, 1999 avaliou o efeito do polimento químico sobre a liberação de monômero residual, dureza superficial, resistência transversa e a textura de superfície de resinas auto e termopolimerizáveis, comparando-o com o polimento mecânico. As amostras foram confeccionadas em resina termopolimerizável Classico e autopolimerizável JET-Clássico e divididas em 4 grupos: G1 - resina autopolimerizável com polimento mecânico; G2 - resina autopolimerizável com polimento químico; G3 - resina termopolimerizável com polimento mecânico; G4 - resina termopolimerizável com polimento químico. Após os polimentos recebidos as amostras foram imersas em água destilada à temperatura de 37°C e as avaliações executadas nos períodos de 1,2,8 e 32 dias. A liberação do monômero foi realizada em espectrofotômetro BEKMAN DU 65; a dureza Knoop foi medida com microdurômetro SHIMADZU HMV 2000; a resistência por três pontos em uma máquina de

ensaio universal EMIC DL 500, seguindo a especificação n.º 12 da ADA. Os resultados foram submetidos a ANOVA (P=5%) sendo as médias do monômero residual e dureza Knoop comparadas com o teste de comparação de médias não paramétrico e as de resistência transversa com o teste t ao nível de significância de 5%. Conclui-se que: o polimento químico aumentou a quantidade de monômero residual e reduziu os valores de dureza superficial das duas resinas de maneira significativa em todos os períodos estudados; o polimento químico não interferiu na resistência transversa da resina auto e termopolimerizável. Na avaliação feita com MEV, verificou-se que o polimento químico altera a camada superficial das duas resinas promovendo um aspecto ondulado semelhante.

MELLO, 1999 realizou um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito do aquecimento pelas microondas e água quente no nível de monômero residual de uma resina acrílica quimicamente ativada e polida quimicamente e sua influência na resistência transversa e microdureza interna. Quatro grupos de amostras específicas para cada ensaio foram confeccionadas com resina autopolimerizável JET-CLÁSSICO. G1) as amostras foram submetidas ao polimento mecânico; G2) As amostras foram submetidas ao polimento

químico com fluido para polimento POLI-QUIM; G3) após o polimento químico, as amostras foram submetidas a um ciclo complementar de polimerização no microondas de 450 W/3 minutos e G4) após o polimento químico, as amostras receberam um ciclo complementar em água a 65°C/1hora. As médias e desvios padrões da liberação do monômero na água no 1º dia em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ foram: G1) $136,65 \pm 45,56$ (a); G2) $131,70 \pm 225,50$ (b); G3) $848,21 \pm 150,46$ (c); e G4) $295,18 \pm 81,67$ (a). As médias e desvios padrões da resistência transversa em Mpa foram : G1= $78,15 \pm 6,11$ (a); G2= $65,15 \pm 7,79$ (b); G3= $70,48 \pm 2,96$ (b); G4= $67,54 \pm 8,05$ (b). As médias e desvios padrões da microdureza interna (Knoop) foram: em $100\mu\text{m}$ - G1= $14,71 \pm 1,07$ (a); G2= $12,79 \pm 1,54$ (a) G3= $12,90 \pm 1,07$ (a) e G4= $11,69 \pm 2,51$ (a); em $700\mu\text{m}$ - G1= $16,04 \pm 0,96$ (a); G2= $15,43 \pm 0,69$ (a); G3= $15,31 \pm 0,74$ (a) e G4= $18,07 \pm 0,53$ (b); em $1500\mu\text{m}$ - G1= $16,21 \pm 1,40$ (a); G2= $15,83 \pm 0,70$ (a); G3= $15,56 \pm 0,72$ (a) e G4= $18,85 \pm 0,73$ (b). A análise de variância e a comparação utilizando o teste de Tukey mostrou diferença entre os grupos e as médias seguidas por letras diferentes mostraram diferença significativa ($\alpha=5\%$). Diante desses resultados conclui-se que o polimento químico aumenta o nível de monômero residual, diminui a resistência transversa das resinas, não altera os valores de

microdureza interna. As microondas e a água quente podem ser usados para reduzir os níveis de monômero residual no primeiro dia após a polimerização.

TANJI, 2000 investigou a influência das variáveis resistência ao impacto, dureza de superfície, rugosidade e porosidade sobre os corpos-de-prova de resinas acrílicas termopolimerizáveis Clássico, QC-20 e Onda-Cryl, confeccionados em matrizes retangulares de alumínio (65x10 e 64x9 x 3,0 mm), fixadas com cola superbonder (Loctite) em suporte de madeira. As matrizes foram moldadas com silicona por condensação para uso laboratorial ZETALABOR (LABORDENTAL LTDA) e o moldes incluídos em muflas metálicas e de fibra de vidro. A proporção pó/líquido e mistura, assim como a prensagem das resinas acrílicas foram realizadas de acordo com as instruções do fabricante. Após a polimerização nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas, água em ebulição e por energia de microondas, os corpos-de-prova foram removidos das muflas após o resfriamento em temperatura ambiente e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencionais. Posteriormente, foram submetidos aos ensaios de resistência ao impacto, numa máquina Otto Wolpert Werke pelo sistema Charpy, de dureza num microdurômetro Shimadzu (Modelo HMV-2000) calibrado com carga de 25

gramas por 10 segundos, de rugosidade num rugosímetro (modelo surfcorder SE 1700) e de porosidade aparente, através da imersão dos corpos-de-prova em tinta Nankin (Acrilex) por 12 horas, lavados em água corrente por 10 segundos, e posteriormente quantificada e fotografada em área previamente determinada. Os resultados submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey (5%) mostraram que a porosidade sofreu influência dos tipos de resina acrílica com maiores valores para o microondas, o mesmo ocorrendo para a dureza. Os menores valores de rugosidade foram mostrados pela resina para microondas, enquanto os demais ciclos não mostraram diferenças estatisticamente significante; e a resistência ao impacto não sofreu influência dos materiais.

CONSANI, 2000 realizou um trabalho com o intuito de verificar a adaptação das bases de próteses totais superior, confeccionadas com resina acrílica termicamente ativada Clássico, sob a influência das variáveis prensagem e polimerização. Foram confeccionados quarenta modelos em gesso pedra, e os conjuntos modelo-base de cera foram divididos em quatro grupos de dez elementos e incluídos em muflas pela técnica de rotina, recebendo tratamentos: Grupo 1 - prensagem da resina e polimerização

imediate em banho de água aquecida a 74 °C por nove horas; Grupo 2 - prensagem da resina acrílica e polimerização após seis horas, em banho de água aquecida a 74°C por nove horas; Grupo 3 - prensagem da resina acrílica, utilização do dispositivo RS de contensão e polimerização imediata em banho de água aquecida a 74°C por nove horas; Grupo 4 - prensagem da resina acrílica, utilização do dispositivo RS de contensão e polimerização após seis horas, em banho de água aquecida a 74°C por nove horas. As bases de resina foram fixadas nos modelos com adesivo. Foram efetuados três cortes transversais, correspondentes à distal dos caninos (A), mesial dos primeiros molares (B) e região palatina posterior (C). O desajuste foi verificado com microscópio comparador (Leitz), em cinco pontos referenciais para cada corte. Os dados foram submetidos à análise estatística e ao teste de Tukey (5%). O dispositivo RS de contensão produziu níveis médios de adaptação (0,168 mm) com diferença estatística significativa ($p < 0,05$) quando comparado com a prensagem convencional (0,215 mm), independente dos demais fatores. O dispositivo RS de contensão produziu níveis médios de adaptação (imediate = 0,173 e seis horas = 0,216 mm). No fator corte, o dispositivo RS de contensão produziu valores (A=0,140 mm, B= 0,183mm e C= 0,256 mm) com diferença estatística significativa ($p < 0,05$) quando comparado com a

prensagem convencional (A = 0,151 mm, B= 0,207 mm, C= 0,286 mm). Dentro do fator corte, a polimerização imediata produziu valores (A= 0,140 mm, B= 0,183mm e C= 0,256 mm) sem diferença estatística significativa ($p>0,05$) quando comparada com a após seis horas (A= 0,193 mm, B=0,187 mm e C= 0,244 mm). Independente dos demais fatores, os cortes (A=0,140 mm, B=0,185 mm e C=0,250 mm) foram diferentes estatisticamente entre si ($p<0,05$).

BORGES *et al.*, em 2000, realizou um trabalho com o objetivo de analisar as condições de polimento, rugosidade, porosidade e dureza superficial da resina acrílica QC-20, sob influência de diferentes ciclos de polimerização. Para a confecção dos corpos-de-prova foram utilizadas três matrizes retangulares de alumínio (65x10 e 64x9 x 3,5 mm), fixadas com cola super bonder (Loctite) em um suporte de madeira. Em seguida, as matrizes foram moldadas com silicona por condensação para uso laboratorial, zetalabor, (zhermack spa – Itália, distribuidor no Brasil, labordental Ltda.) e os moldes incluídos em muflas metálicas (DCL n.º 5,5) e muflas com reforço de fibra de vidro (GC), próprias para utilização em forno de microondas. A proporção pó/líquido e mistura, assim como a prensagem da

resina acrílica QC 20 foram feitas de acordo com as instruções do fabricante. Após a polimerização nos ciclos de água aquecida a 74°C por 9 horas; água em ebulição; e, por energia de microondas, e resfriamento em temperatura ambiente, os corpos-de-prova foram removidos das muflas e submetidos aos processos de acabamento e polimento convencional. Posteriormente, os corpos-de-prova foram submetidos aos testes de rugosidade, num rugosímetro prazis Rug 3; dureza em um microdurômetro Future Tech, polimento superficial, utilizando uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss), com aumento de 25 vezes e fotografias de áreas pré-determinadas; e, porosidade aparente, através da imersão dos corpos-de-prova em tinta Nankin (trident) por 2 horas, lavados em água corrente por 10 segundos, e posteriormente contada e fotografada na área previamente determinada. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, e ao teste de Tukey ao nível de significância de 5%. Os resultados do teste de polimento superficial foram avaliados através da comparação fotográfica da superfície dos corpos-de-prova. Concluiu-se que o método recomendado pelo fabricante não diferiu estatisticamente dos outros métodos em dureza, diferiu estatisticamente de ambos em rugosidade e não apresentou diferença estatística em porosidade. Para a variável polimento convencional, observou-se que as superfícies mais

lisas e polidas foram devidas ao processamento recomendado pelo fabricante, seguidos do ciclo convencional e por energia de microondas.

3 - METODOLOGIA

3.1 – MATERIAIS

O material para base de prótese total utilizado neste estudo foi a resina acrílica ativada termicamente QC-20, rosa médio com veias, fabricado pela Dentsply/De Trey (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1 – Nome comercial, composição e fabricante da resina acrílica utilizada no estudo.

Nome Comercial	Composição	Fabricante
QC-20	Pó – Co-polímero metil/nbutil metacrilato, peróxido de benzoíla e corantes minerais Líquido – Metacrilato de metila, etileno glicol dimetacrilato, hidroquinona, terpinolene e N,N-dimetil p-toluidina.	Dentsply/DeTrey



Figura 1 – Resina acrílica ativada termicamente QC-20.

3.2 - MÉTODO

3.2.1 - Confeção das Matrizes

A partir de um molde padrão de tecnil, foram confeccionadas as matrizes circulares de silicona por condensação (Zetaplus - Zhermack) (Figura 2), medindo 30 mm / 5 mm. (BRAUN, 1999; MELLO 1999).

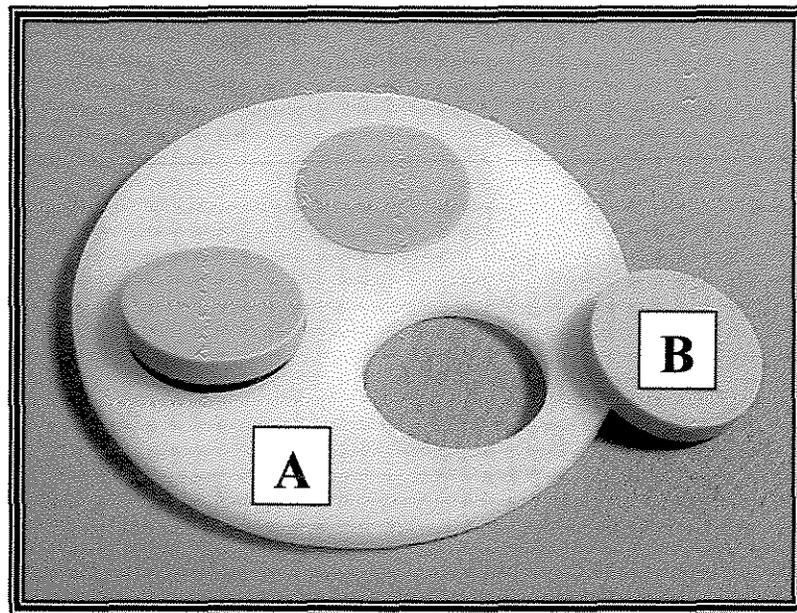


Figura 2 – Molde padrão em tecnil (A); Matrizes circulares em silicona de condensação (B).

3.2.2 – Confeção dos corpos-de-prova

3.2.2.1 - Inclusão das matrizes de silicona

A parte inferior das muflas metálicas e plásticas reforçadas, próprias para polimerização em microondas, foram isoladas com isolante Cel

Lac (SS White), devidamente preenchidas com gesso pedra tipo III (Mossoró) sob vibração, proporcionado e espatulado de acordo com as instruções do fabricante. Após a presa, o gesso foi isolado com Cel Lac (SS WHITE) e a matriz de silicona fixada, com o próprio isolante Cel Lac, sobre o mesmo. A parte superior da mufla foi adaptada e preenchida com gesso pedra tipo III, conforme condições técnicas descritas anteriormente. As muflas permaneceram na prensa hidráulica (GRUNEWALD et al, 1952.), com 1 tonelada de pressão por 1 hora. Após esse período, foram abertas, as matrizes de silicona retiradas, e o molde no gesso examinado quanto à qualidade da inclusão (Figura 3).

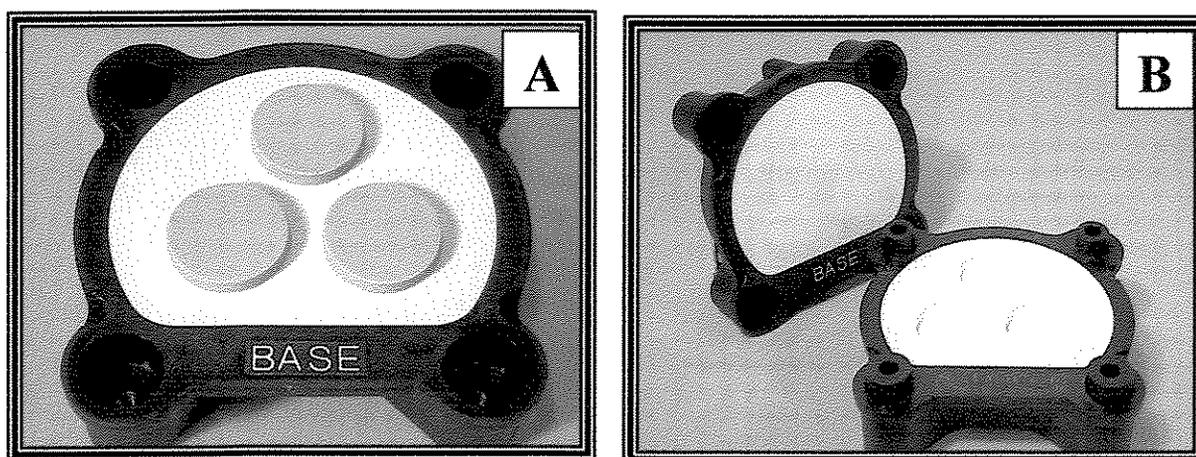


Figura 3 – (A) Matrizes de silicona fixadas no gesso (B) Molde das matrizes em gesso.

3.2.2.2 - Prensagem da resina.

Após obtenção dos moldes em gesso, foram confeccionados 81 corpos-de-prova utilizando a resina acrílica QC-20 (DENTSPLY S/A), proporcionada e manipulada de acordo com as instruções do fabricante. Após a prensagem da resina acrílica, as muflas foram fechadas, deixadas na prensa hidráulica 30 minutos com 1 tonelada. Após esse período, foram divididas em 09 grupos, sendo denominados os grupo 1,2 e 3 de Convencional, os grupos 4,5 e 6 de Fabricante e os grupos 7, 8 e 9 de Microondas, polimerizadas como se segue:

- **Grupo 1 (CONVENCIONAL):** As muflas foram levadas à termopolimerizadora automática Termotrom, com água a temperatura ambiente, a qual foi aquecida até atingir a temperatura de 74°C, onde permaneceram por 9 horas. (PHILLIPS, 1993)
- **Grupo 2 (CONVENCIONAL):** As muflas foram deixadas em descanso no grampo sobre a bancada por 12 horas, (figura 4A) e, posteriormente foram levadas à termopolimerizadora automática Termotrom, com água a

temperatura ambiente, a qual foi aquecida até atingir a temperatura de 74°C, onde permaneceram por 9 horas.

- **Grupo 3 (CONVENCIONAL)**: As muflas foram deixadas em descanso no grampo sobre a bancada por 24 horas, e posteriormente foram levadas à termopolimerizadora automática Termotrom, com água a temperatura ambiente, a qual foi aquecida até atingir a temperatura de 74°C, onde permaneceram por 9 horas.
- **Grupo 4 (FABRICANTE)**: As muflas foram colocadas num aparelho termopolimerizador, durante 20 minutos com água em ebulição.
- **Grupo 5 (FABRICANTE)**: As muflas foram deixadas sobre a bancada no grampo por 12 horas, posteriormente colocadas num aparelho termopolimerizador, durante 20 minutos com água em ebulição.
- **Grupo 6 (FABRICANTE)**: As muflas foram deixadas sobre a bancada no grampo por 24 horas, posteriormente colocadas num aparelho termopolimerizador, durante 20 minutos com água em ebulição.
- **Grupo 7 (MICROONDAS)**: As muflas especiais foram parafusadas, e submetidas ao aquecimento gerado por forno de microondas doméstico (Continental) com potência de 500 W, durante 3 minutos. (BORGES *et al* 2000)

- **Grupo 8 (MICROONDAS):** As muflas especiais foram parafusadas, deixadas sobre a bancada por 12 horas, (figura 4B) e posteriormente submetidas ao aquecimento gerado por forno de microondas doméstico (Continental) com potência de 500 W, durante 3 minutos.
- **Grupo 9 (MICROONDAS):** As muflas especiais foram parafusadas, deixadas sobre a bancada por 24 horas, e posteriormente submetidas ao aquecimento gerado por forno de microondas doméstico (Continental) com potência de 500 W, durante 3 minutos.

Após a polimerização, as muflas foram deixadas esfriar à temperatura ambiente. Após resfriamento, as muflas foram abertas de acordo com processo de rotina.

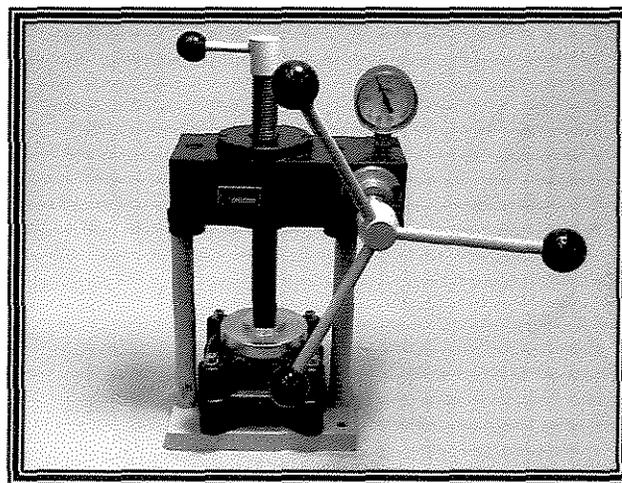
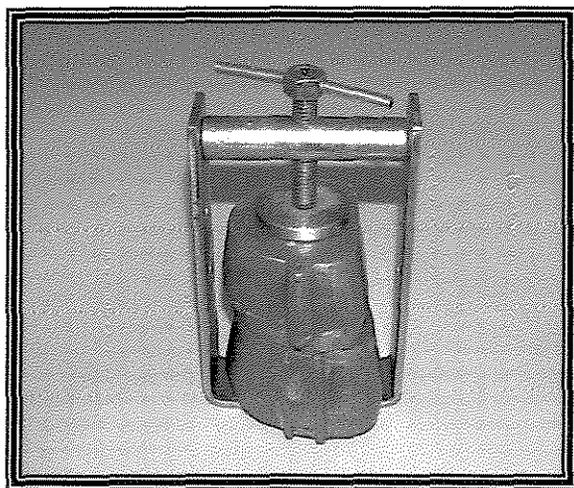


Figura 4 - (A) Mufla metálica no grampo. (B) mufla plástica na prensa hidráulica, com parafusos apertados

3.2.2.3 – Acabamento e Polimento dos corpos-de-prova

As amostras foram removidas das muflas, os excessos de resina acrílica foram desgastados com o auxílio de uma fresa de liga de tungstênio (tipo MaxiCut). O polimento foi realizado em uma politriz com dispositivo para polimentos múltiplos marca Arotec, modelo APL-4, (figura 5) utilizando lixa d'água com granulação decrescente 320, 400, 600 e 1200 (ULUSOY *et al*, 1986; MESQUITA, 1995), aplicados 4 minutos cada, sob refrigeração. O passo final do polimento foi realizado com feltro e pasta de diamante de $0,3\mu\text{m}$ de granulação, por 4 minutos. (MELLO, 1999; BRAUN, 1999).

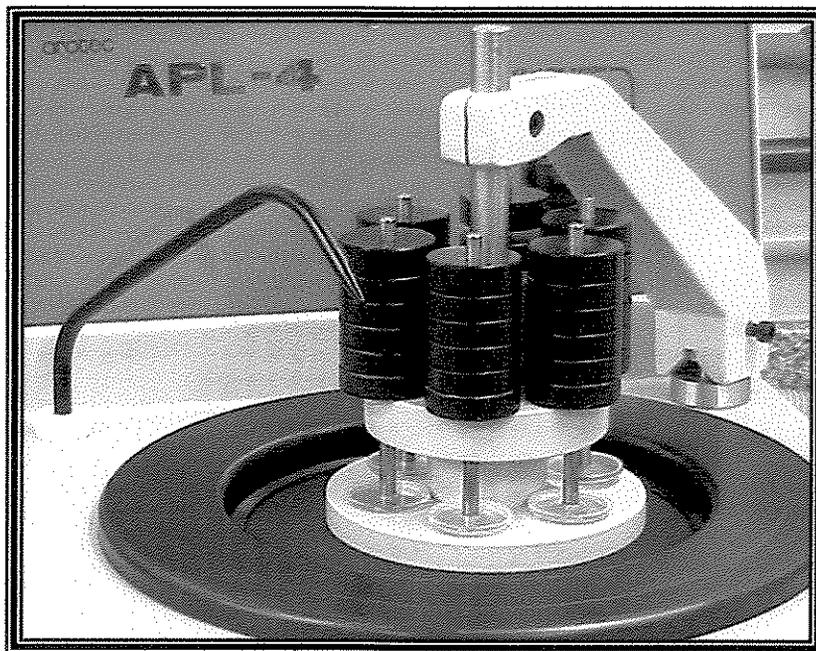


Figura 5 – Politriz marca Arotec modelo APL-4 com dispositivos múltiplos para polimento

As amostras foram limpas com o auxílio de um ultra-som (TORNTON modelo T7) por 2 minutos entre as trocas das lixas, e após polimento. O corpo-de-prova após o polimento pode ser visto na Figura 6.

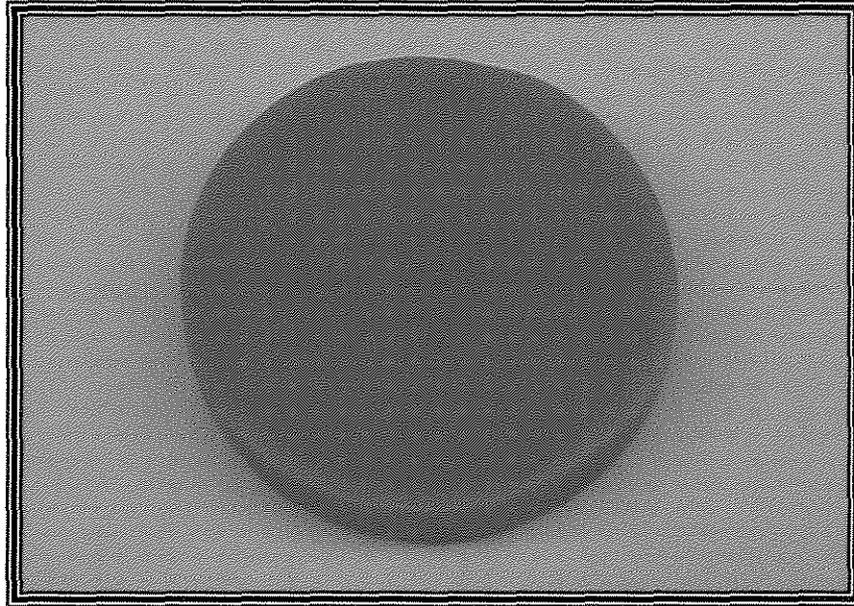


Figura 6 – Corpo-de-prova após o polimento.

3.3 - Avaliação da Rugosidade Superficial

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de rugosidade superficial média (Ra), num rugosímetro Surfcomer SE 1700 (Kosaka Industry) (Figura 07). Para cada amostra, foram realizadas 3 leituras em diferentes sentidos, sendo 0° , 120° e 240° conforme Figura 08 e,

posteriormente transformadas em valores médios. Utilizou-se para leitura, 0,25 mm de cut off, e percusso total de 0,75 mm.

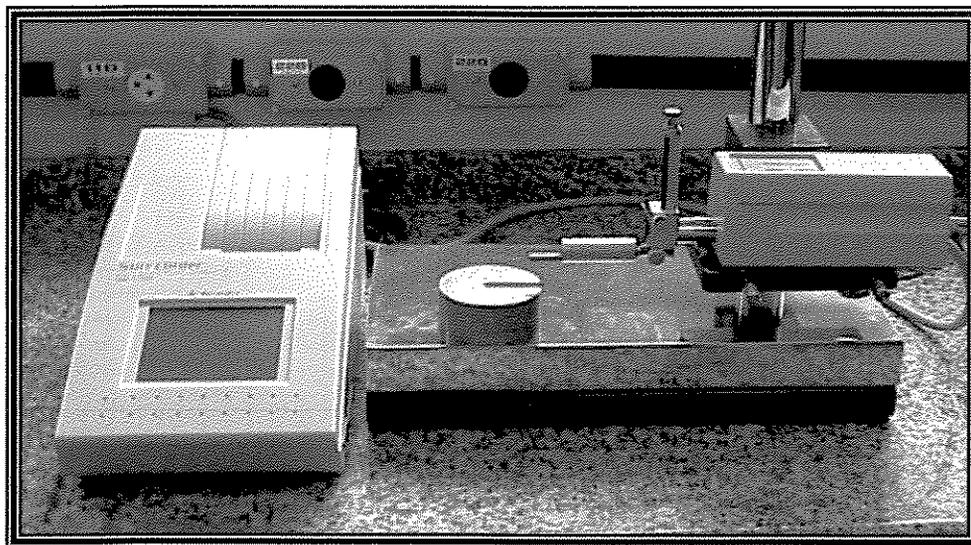


Figura 7 – Rugosímetro Surfcorder SE 1700 (Kosaka Industry)

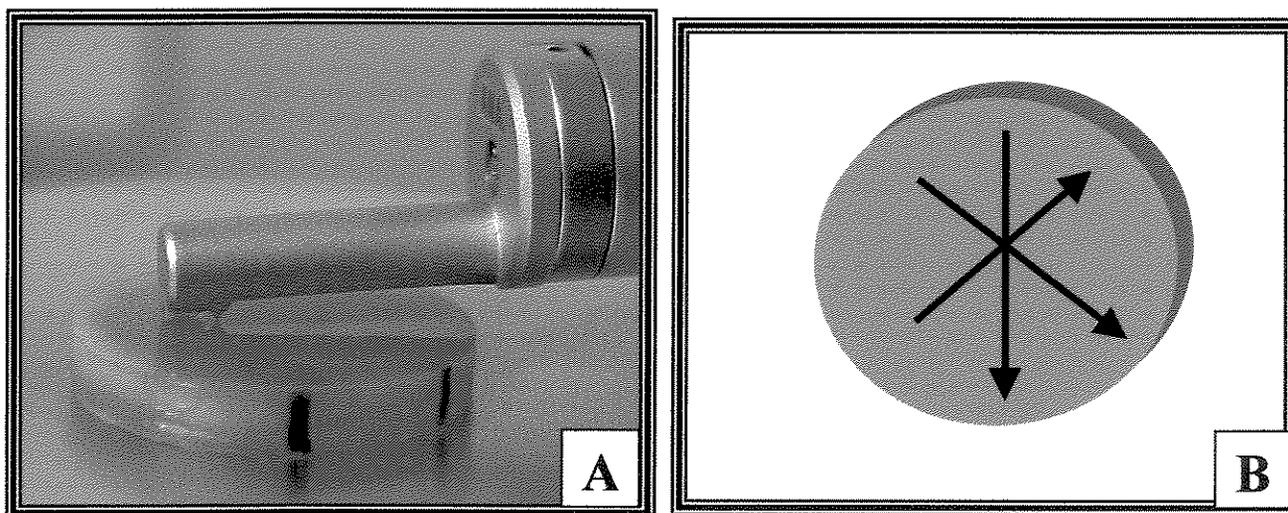


Figura 8 – (A) Corpo-de-prova posicionado para leitura da rugosidade. (B) Representação esquemática demonstrando a direção de leitura da rugosidade, 0°, 120° e 240°.

3.4 – Contagem do Número de Poros

Os corpos-de-prova foram imersos em tinta Nankin (ACRILEX) por 8 horas, lavados em seguida em água corrente por 10 segundos e secos com jatos de ar e papel absorvente (NOWLIN et al.,1991; GARCIA, 1995; BORGES et al 2000; TANJI 2000). Para contagem dos poros foi colada uma fita adesiva (3M) no corpo-de-prova nas mesmas dimensões, com três orifícios circulares de 0,5 cm de diâmetro, conforme Figura 9.

Em seguida, a quantidade de poros foram contadas nas áreas delimitadas através da utilização da lupa estereoscópica com aumento de 63 vezes (Figura10).

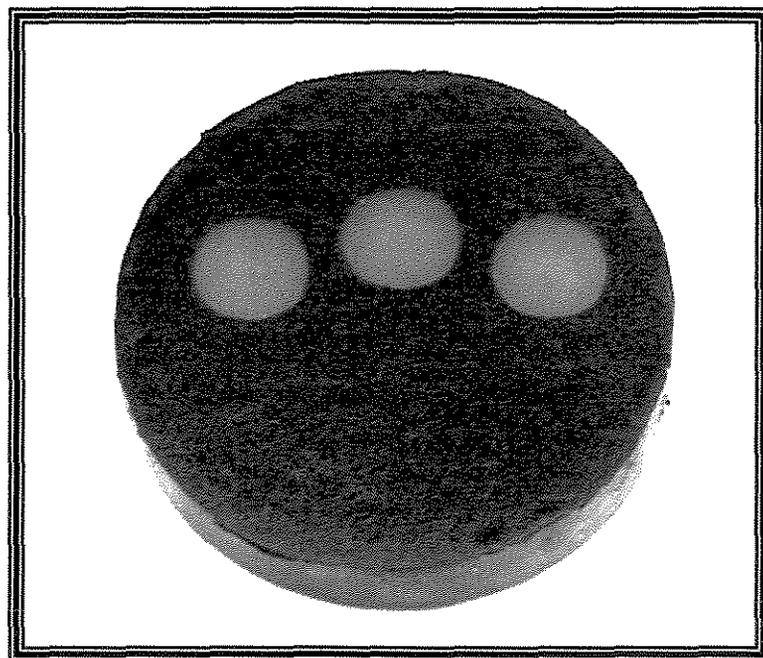


Figura 9 – corpo-de-prova preparado para a contagem dos poros

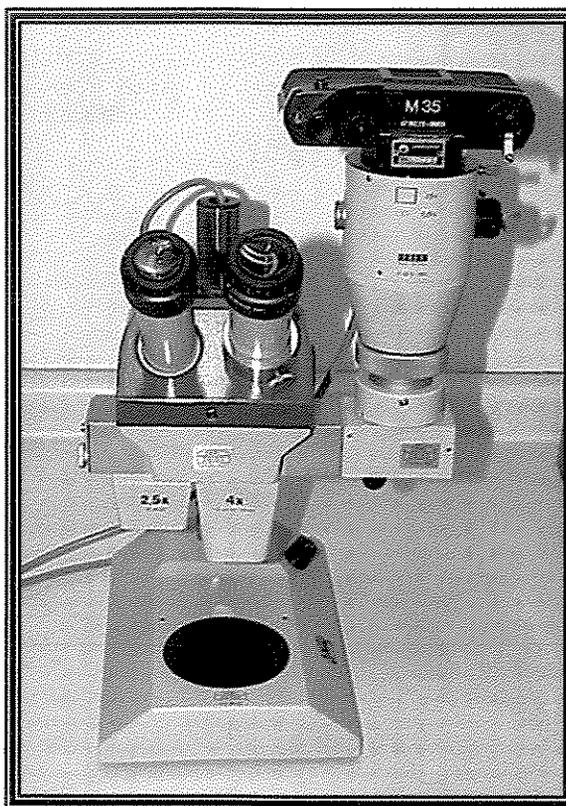


Figura 10 – Lupa estereoscópica usada na contagem do número de poros.

3.5 – Avaliação da dureza superficial

Os corpos-de-prova foram submetidos ao ensaio de dureza superficial num microdurômetro Shimadzu mod. 2000 (Figura 11), calibrado com carga de 25 g por 10 segundos. Para cada amostra, foram realizadas 9 leituras conforme Figura 12 e, posteriormente transformadas em valores médios.

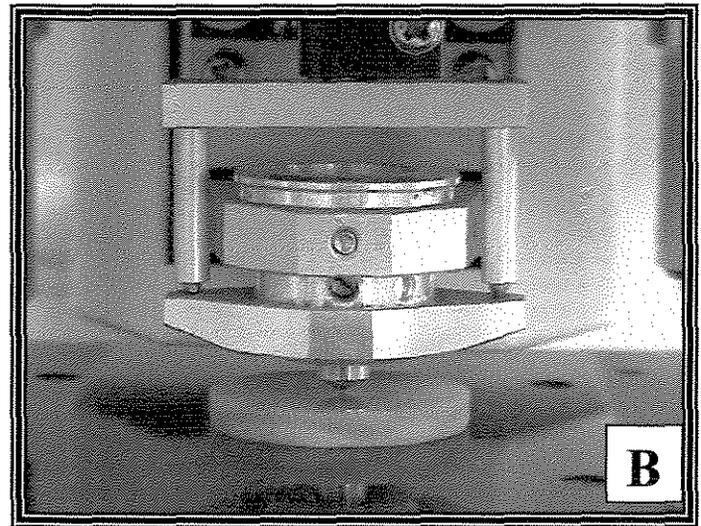
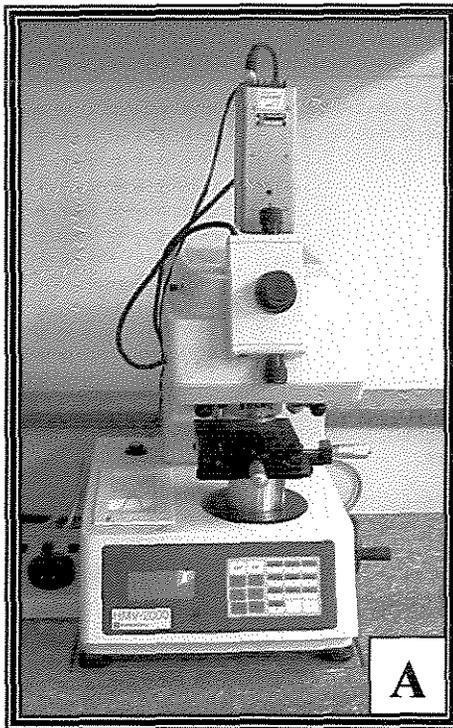


Figura 11 – (A) Microdurômetro Shimadzu Mod. 2000. (B) Modelo Posicionado para leitura.

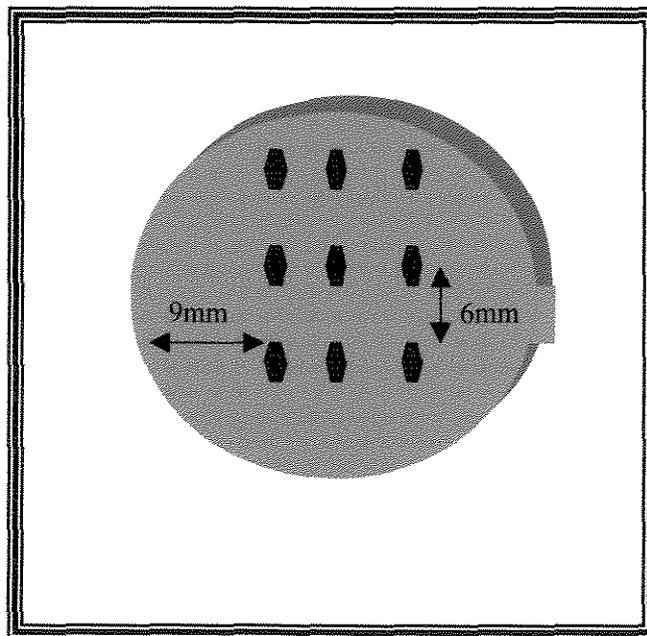


Figura 12 – Representação esquemática da localização das marcações para leitura da dureza Knoop

3.6 - Metodologia Estatística

Os dados foram analisados através de modelo de análise de variância e utilizado o teste F, o teste de Tukey para detalhamento da análise, considerando-se como nível mínimo de significância 5% ($p < 0,05$).

A descrição dos modelos de análise e testes utilizados, bem como a análise exploratória dos dados, e estudo de regressão encontram-se no Apêndice.

4 - RESULTADOS

4.1 - Análise da Variância e Comparação de Médias Através do Teste de Tukey

A análise da variância para as três variáveis em estudo: Dureza, Rugosidade e Porosidade, encontra-se na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise da variância e teste F para as variáveis Dureza, Rugosidade e Porosidade.¹

Causas da Variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS		
		DUREZA	RUGOSIDADE	POROSIDADE ^t
Métodos	2	5,1506218**	0,0001037 ^{ns}	0,0058816 ^{ns}
Tempos	2	3,8348094**	0,0013687**	0,0191638 ^{ns}
Métodos×Tempos	4	2,9940884**	0,0000093 ^{ns}	0,0003039 ^{ns}
Resíduo	72	0,7284244	0,0000831	0,0265851
Total	80	-	-	-
C.V. (%)	-	5,05	32,44	11,90

** = Significativo pelo teste F, ao nível de 1% ($\alpha \leq 0,01$);

ns = Não significativo, considerando-se como n.m.s. 5% ($\alpha > 0,05$);

t = Variável transformada em $\sqrt{x+1}$.

Pela Tabela 2 pode-se observar que foram detectadas diferenças significativas para a variável dureza e rugosidade (ao nível de 1%), enquanto que para a variável porosidade não houve diferença significativa para nenhuma das causas de variação.

As médias de Dureza dos métodos dentro de cada tempo, são apresentadas na tabela 3.

¹Serão apresentados na tabela de análise da variância apenas os graus de liberdade e os quadrados médios, já que as somas de quadrados relativos podem ser obtidas pela multiplicação dos G.L x Q.M. e o valor do teste F calculados pela divisão do QM de Causas de Variação./QM Resíduo.

Tabela 3 - Comparação das médias de Dureza, pelo teste de Tukey, devidas aos métodos (ciclos de polimerização) dentro de cada tempo estudado.

<u>MÉTODOS</u>	<u>TEMPOS</u>		
	30 minutos	12 horas	24 horas
Convencional	16,52 ^a	17,27 ^a	15,43 ^b
Microondas	16,81 ^a	17,44 ^a	17,33 ^a
Fabricante	16,72 ^a	17,33 ^a	17,34 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Pela Tabela 3 observa-se que o teste de Tukey não detectou diferenças significativas entre as médias dos métodos quando o tempo foi de 30 minutos ou 12 horas, enquanto que para 24 horas evidencia-se que o método Convencional apresentou média de Dureza significativamente menor do que os outros dois métodos. Esse resultado é melhor visualizado pela observação da Figura 13.

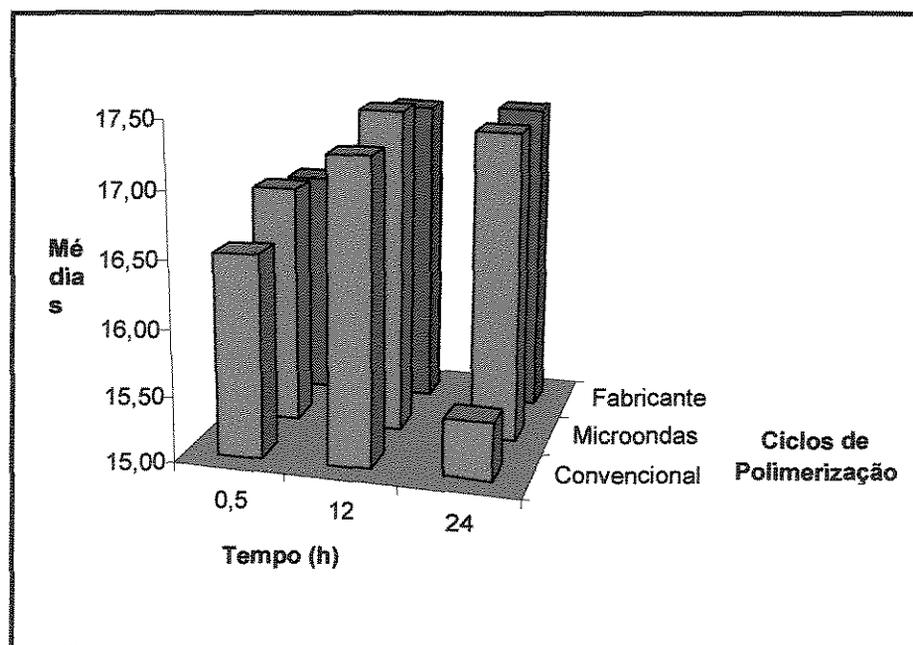


Figura 13 - Médias de Dureza, devidas a cada Método (ciclos de polimerização) dentro dos tempos estudados

Na Tabela 4 são apresentadas as médias para Rugosidade obtidas pelos métodos dentro de cada tempo para essas duas variáveis.

Tabela 4 - Comparação das médias de **Rugosidade**, pelo teste de Tukey, devidas aos métodos (ciclos de polimerização) dentro de cada tempo estudado.

<u>MÉTODOS</u>	<u>TEMPOS</u>		
	30 minutos	12 horas	24 horas
Convencional	0,0363 ^a	0,0223 ^a	0,0321 ^a
Microondas	0,0333 ^a	0,0183 ^a	0,0274 ^a
Fabricante	0,0346 ^a	0,0212 ^a	0,0275 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Pela Tabela 4 e figura 14 pode-se observar que, embora estatisticamente iguais, as médias de rugosidade obtidas método convencional foram superiores às obtidas pelos demais tempos estudados.

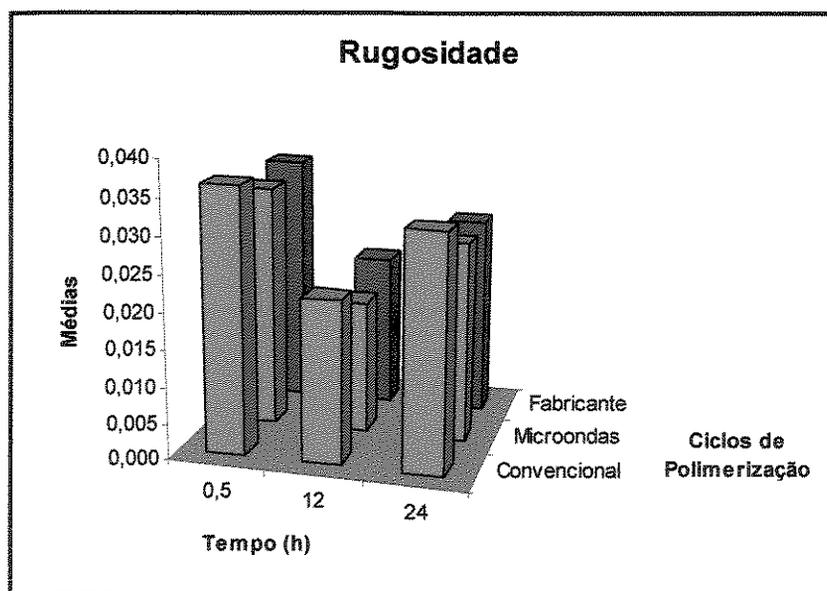


Figura 14 - Médias de Rugosidade devidas a cada Método (ciclos de polimerização) dentro dos tempos estudados.

Na Tabela 5 figura 15, são apresentadas as médias para Porosidade obtidas pelos Métodos dentro de cada tempo para essas duas variáveis

Tabela 5 - Comparação das médias de **Porosidade**, pelo teste de Tukey, devidas aos métodos (ciclos de polimerização) dentro de cada tempo estudado.

MÉTODOS	TEMPOS		
	30 minutos	12 horas	24 horas
Convencional	0,96 ^a	0,81 ^a	0,93 ^a
Microondas	1,00 ^a	0,85 ^a	0,96 ^a
Fabricante	0,93 ^a	0,78 ^a	0,89 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, nas colunas, diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Para Porosidade observa-se que, embora estatisticamente iguais, as médias obtidas pelo Microondas foram superiores nos três tempos.

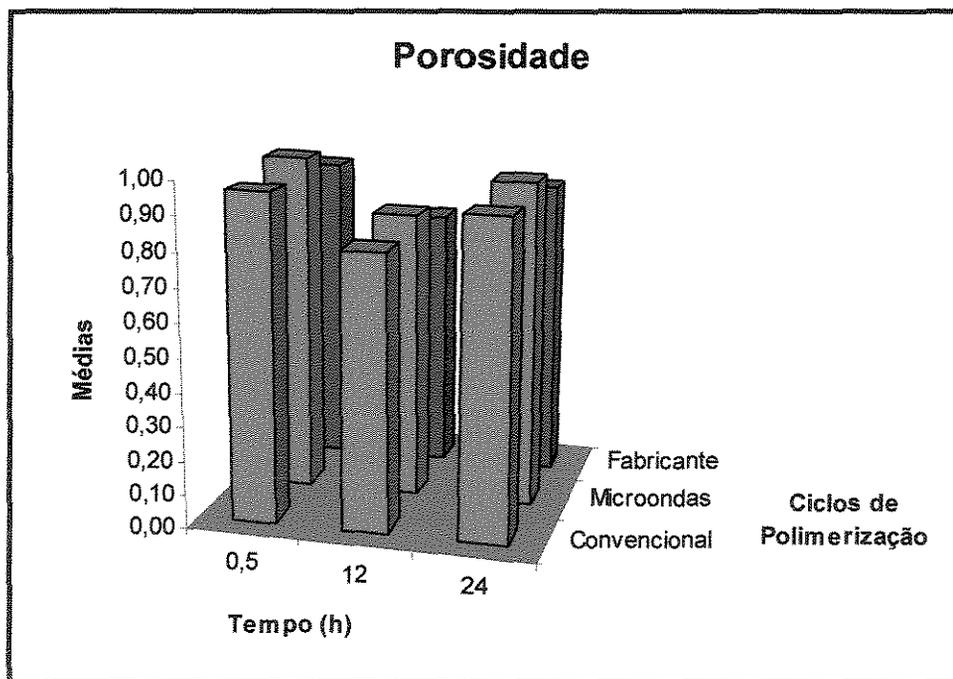


Figura 15 - Médias de Porosidade devidas a cada Método (ciclos de polimerização) dentro dos tempos estudados.

De acordo com os resultados obtidos podemos afirmar que:

- As médias da variável Dureza foram semelhantes em todos os métodos e tempos, exceção feita ao método Convencional quando se esperou 24 horas entre a prensagem e a polimerização, sendo esta média a menor de todas;
- Outra observação interessante, no apêndice, é que a Rugosidade tem uma tendência a ser elevada aos 30 minutos, chegar a um mínimo às 12 horas e aumentar novamente às 24 horas, independente do ciclo de polimerização;
- Os resultados apresentados para Porosidade são semelhantes aos da variável Rugosidade, porém esta tendência não foi confirmada pela análise de variância.

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A resina acrílica tem sido o material mais popular e de uso universal usado para base de prótese totais por aproximadamente 50 anos. Ainda que, as propriedades das resinas acrílicas para base de dentaduras não sejam ideais em alguns aspectos, estas não apresentam uma única propriedade desejável, exibem, na verdade, uma combinação de vantagens, o que explica a sua popularidade e uso universal.

Várias avaliações de métodos de processamento das próteses totais vem sendo realizadas desde o surgimento da resina acrílica. O ciclo de polimerização longo por calor úmido vem sendo empregado satisfatoriamente por vários anos. Atualmente, os estudos tem buscado ciclos de polimerização rápidos e curtos, no intuito de melhorar o custo benefício para o profissional e paciente. Porém, acredita-se que ao introduzir um tempo de descanso à resina, entre a prensagem e polimerização, as propriedades da resina acrílica melhorariam, como redução da porosidade, diminuição da rugosidade e aumento da dureza.

A resina QC-20 é um material termopolimerizável de rápida polimerização, com iniciador formulado pela mistura de agentes químicos e termo-ativadores, o que permite um tempo de polimerização mais rápido (CRAIG, 1996). A baixa taxa de conversão dos radicais neste material logo após a mistura pó-líquido evita grande reação exotérmica (JEROLIMOV et al. 1989).

2.5.1 - Porosidade

Os resultados de Porosidade (Tabela 05 e Figura 15), demonstraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos de polimerização utilizados, resultados que confirmam os achados de REITZ, (1985) ; SANDERS (1987); SHLOSBERG (1989); e BORGES (1998).

Em nosso trabalho, a maior média numérica de poros, embora não estatisticamente significativa, foi devida ao método de polimerização por energia de microondas. Neste sistema de aquecimento pode ter ocorrido aumento excessivo da temperatura exotérmica durante o processamento, o que

acarretaria a evaporação do monômero (FARAJ & ELLIS, 1979; CURY et al., 1994), resultando na formação de maior quantidade de poros (SABT et al., 1975). De acordo com CRAIG (1996), o polimetil metacrilato tem alta pressão de vapor, e processamentos que elevam a temperatura acima de 108,3 °C causam a evaporação do monômero. Segundo (DE CLERCK, 1987), a temperatura de polimerização deve ser rigorosamente controlada no aquecimento por energia de microondas, onde alguns watts a mais de potência podem levar a um resultado insatisfatório.

Uma explicação para a maior quantidade de poros devida ao ciclo do microondas baseia-se no trabalho de DE CLERCK, (1987) que encontrou maior porosidade externa nos grupos onde se utilizava uma alta energia no início da polimerização, e uma maior porosidade interna, quando se utilizava alta energia no fim do ciclo de polimerização. No nosso trabalho, além de utilizarmos uma alta potência num curto espaço de tempo, a resina QC-20 possui iniciadores químicos em sua composição resultando em maior porosidade embora não estatisticamente significante.

Em geral, os fabricantes não fornecem informações detalhadas sobre a composição das resinas acrílicas. Entretanto, segundo SANDERS et al., (1987) e BAFILE et al., (1991), a resina especial para uso em forno de microondas utiliza a mistura de metil e etil metacrilatos ao invés do monômero metil-metacrilato, encontrado nas resina acrílicas convencionais. Além disso, esses materiais podem conter um grupo reativo em cada extremidade da cadeia molecular, com o propósito de diminuir a pressão de vapor em temperaturas que variam de 100 a 150°C (COMBE, 1986).

Trabalho realizado por TROUNG & THOMAZ (1988); TAUBERT (1992), avaliando as resinas acrílicas dentais polimerizadas em ciclo rápido e por energia de microondas em diferentes tempos e potências mostraram porosidade em todas amostras, fato atribuído ao excessivo calor da reação exotérmica. Segundo esses autores, a porosidade pode ser reduzida se houver controle da potência no início da reação, ou seja, 60W/6 min. + 90W/6 min., e pós cura de 500W/2 min.

Com intuito de comparar as características das resinas acrílicas polimerizadas nos ciclo rápido e ciclo longo, JEROLIMOV et al., (1989),

concluíram que a porosidade é dependente da velocidade de polimerização e da eficiência da dissipação do calor. Portanto, se a taxa de polimerização for alta, o calor gerado pela reação exotérmica também será alto, e quando não suficientemente dissipado causará a evaporação do monômero e, conseqüentemente, a porosidade. Segundo os autores, essa taxa de polimerização também depende da concentração do iniciador peróxido de benzoíla presente no pó, cujo aquecimento produz radicais livres para iniciar a polimerização. Na composição da resina QC-20, existe o dimetil p-toluidina numa concentração de aproximadamente $\frac{1}{4}$, ou 0,025%, conferindo-lhe condições de ativação química dos radicais livres, além da térmica. A presença do dimetil p-toluidina nessa quantidade, significa que a ativação química começa em baixa taxa logo após a mistura monômero-polímero, evitando rápida polimerização e grande reação exotérmica. Porém maiores quantidades de dimetil p-toluidina podem produzir um aumento da taxa de polimerização e do calor de reação exotérmica, causando também porosidade.

A porosidade em resinas para base de próteses totais também foi analisada por BAFILE et al., 1991. Os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significante entre o grupo convencional e os grupos

processados por energia de microondas, cujas resinas continham “micro líquido” (mistura de metil e etil – metacrilato). Porém, quando processadas por energia de microondas, as resinas sem micro líquido mostraram média significativamente alta de porosidade.

Segundo COMBE (1986), a baixa pressão de vapor do monômero usado em plásticos ativados por energia de microondas permite o processamento da resina à temperatura mais elevadas sem causar aumento da porosidade, fato que não ocorre com aquelas contendo metil-metacrilato.

Na Tabela 5 e Figura 15 estão apresentadas as comparações das médias, pelo teste de Tukey, da Porosidade em função dos Métodos (ciclos de polimerização) e interação tempos entre a prensagem e polimerização. Nota-se que pelo teste F da análise de variância a evidência que na variável Porosidade não existe diferença entre as médias devida a interação ciclos de polimezação e tempos de descanso.

Porém, de acordo com os resultados, observa-se que, embora estatisticamente iguais, as médias numéricas obtidas para o ciclo de

microondas foram superiores nos ciclos de polimerização e tempos de descanso, seguidas do ciclo convencional e ciclo do fabricante , BORGES (1998).

Os resultados também permitem outra observação, ou seja, independente do ciclo utilizado, o menor número de poros foram devidos ao tempo de espera de 12 horas. Assim, a medida que tempos maiores entre a prensagem e polimerização eram utilizados, havia evidente redução numérica dos poros, confirmando os achados de TAUBERT & NOWLIN, (1992) e KIMPARA & MUENCH, (1996).

SAMUEL et al (1996), avaliando a porosidade em resinas acrílicas termopolimerizadas em função do tempo decorrido entre a inclusão, prensagem e polimerização, afirmaram que o aumento do tempo de espera não era fator determinante na obtenção de maior ou menor porosidade nas resinas acrílicas. Embora estatisticamente iguais, os resultados numéricos permitem a observação que a menor quantidade de poros ocorreu quando se utilizou o tempo de espera de 12 horas e, a medida que tempos de espera mais longos eram usados, a quantidade de poros mantinham-se estável ou com tendência a

aumentar. Resultados concordes aos do nosso trabalho, onde embora não estatisticamente significativa, verificamos uma tendência ao aumento do número de poros, quando tempos de 12 horas pós-prensagem eram utilizados.

KIMPARA & MUENCH (1996), avaliando resinas acrílicas em diferentes técnicas de processamento, observaram diminuição na porosidade entre polimerização imediata e após 24 horas de descanso. Os autores concluíram que iniciar a polimerização imediatamente após a prensagem conduzia mais facilmente à formação de poros do que quando iniciada 24 horas após. Os autores afirmaram também que a diminuição da porosidade se deve ao fato do tempo de espera permitir que haja uma maior difusão do monômero para o interior das moléculas de polímero. Com isso não existiriam aglomerados de monômero que por contração de polimerização provocariam porosidades nessas regiões (TAUBERT & NOWLIN, 1992).

No nosso trabalho, embora não existe diferença estatisticamente significativa, os valores numéricos para porosidade na prensagem imediata apresentam-se maiores do que os valores encontrados para 24 horas após,

resultados concordantes ao trabalho de KIMPARA & MUENCH, 1996 e TAUBERT & NOWLIN, 1992.

Embora com valores sem diferença estatística significativa, estas considerações explicariam os nossos resultados, onde o maior valor numérico de poros foi devido a polimerização por microondas, reconhecidamente método não ideal para a resina acrílica utilizada. Da mesma forma, menor número de poros foi obtido quando se utilizou o ciclo recomendado pelo fabricante.

2.5.3 - Dureza superficial

A dureza de um material não é uma propriedade pura, mas o resultado da interação de resistência, ductilidade, maleabilidade, resistência ao corte e à abrasão, sendo desta forma um teste utilizado como indicador dessas outras propriedades (ANUSAVICE, 1998).

O ensaio de dureza Knoop avalia a capacidade do corpo de prova resistir a penetração de uma ponta de diamante. A repercussão clínica deste teste mostra a possibilidade da resina abrasionar, marcar e fraturar. Quanto maior o valor de dureza, menos plástico é o material (Van NOORT, 1994; CRAIG, 1996).

Os nossos resultados encontrados para dureza estão representados na Tabela 03 e na Figura 13. Pela análise da tabela, podemos observar que não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias quando a polimerização foi após 30 minutos ou 12 horas, porém quando a polimerização foi 24 horas, os valores para dureza superficial, polimerizada no ciclo convencional, apresentaram índices menores, diferindo estatisticamente dos demais.

Observa-se também pela Tabela 33 e Figura 18 (no apêndice), que para o método Convencional, a análise de regressão indica a ocorrência de um ponto de máxima Dureza, isto é, pouco ou muito tempo entre a prensagem e a polimerização diminuem a Dureza do material. Enquanto que

para os demais métodos parece existir estabilidade na Dureza do material, independente do tempo entre a prensagem e a polimerização.

A presença de monômero residual nas bases de resina acrílica pode causar dois tipos de efeitos adversos: reações alérgicas (SMITH & BAINS, 1958, 1956, McCABE & BASKER, 1976, AUSTIN & BASKER, 1980, BAKER et al., 1988; DAVENPORT 1970) e alteração das propriedades mecânicas (JAGGER, 1978, 1975).

ARAB et al, (1989) e BRAUN et al, (1998), verificaram correlação entre dosagem de monômero residual e a dureza superficial das resinas acrílicas.

A literatura é vasta em estudos que comprovam a eficácia do calor na diminuição do monômero residual. As resinas termopolimerizáveis possuem níveis de monômero residual menores que as autopolimerizáveis. Baixos níveis de monômero residual tem sido alcançados com a polimerização de resinas com energia de microondas. Esse tipo de energia atua nas moléculas livres do monômero, fazendo com que vibrem em alta frequência,

de uma forma orientada e se choquem gerando o calor necessário para a polimerização da resina. Esse calor é proveniente da movimentação molecular, não sendo oriundo de uma fonte externa, como no caso do banho de água quente (NISHI, 1968; AL DOORI, 1988). À medida que vai ocorrendo a polimerização, vai reduzindo a quantidade de monômero e portanto a mesma quantidade de energia vai sendo absorvida por uma quantidade menor de monômero, fazendo a molécula aumentar a sua atividade atingindo a mais completa polimerização (De CLERCK, 1987). Devido a essas movimentações do monômero de encontro às cadeias poliméricas, provê quantidade reduzida de monômero residual, como tem-se observados em alguns estudos (De CLERCK, 1987; DEL BEL CURY, 1994; BRAUN et al., 1998).

JEROLIMOV (1985), verificou se a alteração da proporção polímero/monômero das resinas acrílicas dentais termopolimerizáveis resultaria em alterações dos níveis de monômero residual e a relação entre a quantidade de monômero residual e a propriedades flexurais. O autor conclui que o ciclo de polimerização tem maior influência que a razão polímero/monômero na redução dos níveis de monômero residual; c) o ciclo

que utilizou o tempo adicional de 3 horas a 100°C produziu os menores níveis de monômero residual; d) para o ciclo que não utilizou o tempo final com água fervente à medida que a proporção pó/líquido aumentou houve uma diminuição significativa dos níveis de monômero com uma leve melhora das propriedades flexurais.

JAGGER (1978) realizou um trabalho com o objetivo de determinar o efeito do ciclo de cura no grau de polimerização da resina acrílica, e concluiu que os ciclos de cura de 7 H. a 70°C e 14 H a 70°C produziram maior nível de monômero residual do que o ciclo curto de 1 H. a 100°C ou 7 H a 70°C + 1 H a 100°C. O autor afirmou também que a dureza foi proporcional ao nível de monômero residual. Esses resultados são semelhantes aos nossos, já que no ciclo longo a resina QC-20 apresentou o menor valor de dureza, provavelmente pela presença de maior quantidade de monômero residual.

Já, JEROLIMOV et al. (1989) concluíram que as resinas acrílicas processadas pelo ciclo curto produziram maior taxa de monômero residual

quando comparadas àquelas curadas em ciclo longo (9 horas), fato também relatado anteriormente por (McCABE & BASKER, 1976).

Resultados semelhantes foram obtidos por TROUNG & TOMAZ, (1988), quando verificaram que as resinas acrílicas polimerizadas pelo ciclo em banho de água apresentaram maior taxa de monômero residual, quando comparadas ao processamento por energia de microondas. Por outro lado, os valores de dureza Knoop não foram diferentes estatisticamente, resultados concordes com nosso trabalho.

Embora não diferente estatisticamente, no nosso trabalho, a dureza superficial da resina acrílica quando processada por energia de microondas foi maior que os demais ciclos de polimerização, bem como quando utilizamos o tempo de pós-prensagem de 12 horas, todos os valores numéricos foram maiores independente do ciclo de polimerização utilizado. Como a resina acrílica QC-20 possui em sua composição ativadores químicos que iniciam a polimerização logo após a dissolução do polímero pelo monômero e as ondas eletromagnéticas do microondas atuam diretamente na massa de resina (De CLERCK, 1987) atingindo um maior grau de conversão

do monômero em polímero, diminuindo a quantidade de monômero residual no interior da massa, estas considerações explicariam os nossos resultados de maiores valores numéricos de dureza para a polimerização por energia de microondas

2.5.4 - Rugosidade superficial

SKINNER, 1984 descreve algumas características desejáveis aos abrasivos. O autor afirma que o abrasivo deve ser irregular na forma; deve ser mais duro que a peça a sofrer abrasão e deve ter alta resistência ao impacto, ou resistência de corpo, ou seja se despedaçarem no instante em que contatarem a peça serão ineficientes.

Os resultados de rugosidade estão expressos na Tabela 04 Figura 14. Os dados não mostram diferença estatisticamente significativa entre os três ciclos de polimerização e tempos de pós-prensagem estudados. Porém, numericamente a polimerização por energia de microondas produziu superfície com menor índice de rugosidade nos três tempos de descanso, seguido pelos ciclos do fabricante e convencional.

Observa-se também pela análise de regressão, em função dos tempos, Tabela 34 e figura 19 (no apêndice), que utilizando pouco ou muito tempo entre a prensagem e a polimerização, ocorre aumento na rugosidade da resina acrílica, o que pode indicar a existência de um ponto ideal de tempo pós-prensagem a ser utilizado, e numericamente, os menores valores para rugosidade, foram devidos ao tempo de 12 horas.

Segundo CRAIG 1996, a dureza superficial da resina acrílica pode ser relacionada com a resistência à abrasão do material, sendo que quanto menor o número de dureza, mais facilmente a resina pode ser riscada, comprometendo sua qualidade. No nosso trabalho, encontramos uma correlação para todos os ciclos estudados, bem como todos os tempo de espera, entre o grau de dureza superficial das resinas acrílicas e os valores de rugosidade ou seja quanto mais dura, menos rugosas eram obtidas as superfícies.

No presente estudo a resina processada por energia de microondas apresentou maior valor de dureza superficial, o que facilitou a

técnica de polimento do corpo de prova e a ação do abrasivo, conseqüentemente, a superfície ficou mais lisa, polida e menos rugosa. Por outro lado, resinas com um número de dureza Knoop menor, teve seu polimento dificultado, resultando em superfícies mais rugosas, embora estatisticamente iguais.

Nos métodos do fabricante e convencional independente do tempo de descanso entre a prensagem e a polimerização, existe uma correlação entre porosidade e rugosidade, ou seja superfícies mais rugosas são também mais porosas e menos duras. Novamente uma correlação pode ser feita como explicação a estes resultados, ou seja, uma dificuldade do abrasivo em desgastar uma superfície mais mole, com uma dureza menor, o que permitiu a permanência de alguns vales e poros superficiais, detectados na leitura do teste de rugosidade.

Embora com valores sem diferença estatística significante, estas considerações explicariam os nossos resultados para a variável rugosidade.

6 - CONCLUSÃO

Diante da metodologia adotada, dos resultados obtidos, analisados e discutidos podemos afirmar que:

1. Embora não estatisticamente diferente, a polimerização por energia de microondas, proporcionou aumento da dureza superficial.
2. Os grupos com maiores valores de dureza superficial apresentaram superfícies menos rugosas.
3. A polimerização por energia de microondas produziu, embora não estatisticamente diferentes, maiores níveis de porosidade.
4. Não houve diferença estatisticamente significativa quanto a polimerização da resina foi imediata ou 24 horas após.
5. Os resultados numéricos permitem-nos concluir que os melhores resultados, embora não estatisticamente diferentes, foram alcançados quando um tempo entre 8 e 12 horas de pós-prensagem foi adotado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. AL DOORI, D. *et al.* A comparison of denture base acrylic resins polymerized by microwave irradiation and by conventional water bath curing systems. *Dent Mater*, Oxford, v.4, n.1, p.25-32, Feb. 1988.
2. ANUSAVICE, K.J. *Phillips : materiais dentários*. 10.ed. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1998. Cap.4, p.28-43.
3. ARAB, J., NEWTON, J.P., LLOYD, C.H. The effect of elevated level of residual monomer on the whitening of a denture base and its physical properties. *J Dent*, Oxford, v.17, n.4, p.189-194, Apr. 1989.
4. AUSTIN, A.T., BASKER, R.M. The level of residual monomer in acrylic denture base materials with particular reference to a modified method of analysis. *Br Dent J*, London, v.149, n.18, p.281-286, Nov. 1980.
5. BAFILE, M. *et al.* Porosity of denture resin cured by microwave energy. *J Prosthet Dent*, Sant Louis, v.66, n.2, p.269-274, Aug. 1991.
6. BAKER, S., BROOKS, S.C., WALKER, D.M. The release of residual monomeric methyl methacrylate from acrylic appliances in the human mouth: an assay for monomer in saliva. *J Dent Res*, Washington, v.67, n.10, p.1295-1299, Oct. 1988.

* De acordo com a NBR-6023 de 1989, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Abreviaturas de periódicos de conformidade com a Base de Dados MEDLINE.

7. BORGES, L.H, DOMITTI S.S, CONSANI, S. Influência de ciclos de polimerização sobre o polimento, rugosidade, porosidade e dureza superficial da resina acrílica QC-20. *Revista do CRO-MG, Belo Horizonte -MG*, v.6, n.2, p.68-74, Maio/Agosto 2000.
8. BRAUN, K.O. *Avaliação do efeito do polimento químico sobre algumas propriedades físico químicas das resinas acrílicas ativadas química e termicamente*. Piracicaba, 1999. 75p. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
9. _____., DEL BEL CURY, A.A., CURY, J.A. Avaliação in vitro da efetividade de polimerização da resina acrílica dental polimerizada através de energia de microondas, quando em contato com metal. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.12, n.2, p.173-180, abr./jun. 1998.
10. COMBE, E.C. *Notes on dental materials*. 5th ed. Edinburgh : Churchill Livingstone, 1986. p.50-52, 258-263. *Apud* BAFILE, M. *et al*. *Op. cit.* Ref. 5.
11. CONSANI, R.L.X. *Efeito do dispositivo RS de contenção, sobre alteração dimensional das bases de próteses total superior*. Piracicaba, 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
12. CRAIG, R.G. (Ed.) *Restorative dental materials*. 11th ed. Saint Louis : Mosby, 1996. p.509-559.

13. DAVENPORT, J.C. The oral distribution of *Candida* in denture stomatitis. *Br Dent J*, London, v.129, n.3, p.151-156, Aug. 1970.
14. DE CLERCK, J.P. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.57, n.5, p.650-658, May 1987.
15. DEL BEL CURY, A.A., RODRIGUES JUNIOR, A.L., PANZERI, H. Resinas acrílicas dentais polimerizadas por energia de microondas, método convencional de banho de água e quimicamente ativada: propriedades físicas. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.8, n.4, p.243-249, out./dez. 1994.
16. FARAJ, S.A.A., ELLIS, B. The effect of processing temperatures on the exotherm, porosity and properties of acrylic denture base. *Br Dent J*, London, v.147, n.8, p.209-212, Oct. 1979.
17. GARCIA, R.C.M.R. *Estudo da adaptação e porosidade de bases de prótese confeccionadas com resina acrílica dental submetida a dois ciclos de polimerização*. Piracicaba, 1995. 106p. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
18. GRUNEWALD, A.H., PAFFENBARGER, G.C., DICKSON, G. The effect of molding processes on some properties of denture resins. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v.44, n.3, p.269-284, Mar. 1952.

19. HAYDEN, W.J. Flexural strength of microwave-cured denture baseplate. *Gen Dent*, Chicago, v.34, n.5, p.367-371, Sept./Oct. 1986.
20. HOGAN, P.F., MORI, T. Development of a method of continuous temperatures measurement for microwave denture processing. *Dent Mater*, Oxford, v.9, n.1, p.1-11, June 1990.
21. ILBAY, S.G., GÜVENER, S., ALKUMRU, H.N. Processing dentures using microwave technique. *J Oral Rehabil*, Oxford, v.21, n.1, p.103-109, Jan. 1994.
22. JAGGER, R.G. Effect of the curing cycle on some properties of a polymethylmethacrylate denture base material. *J Oral Rehabil*, Oxford, v.5, n.8, p.151-157, 1978.
23. _____. *et al.* The effect of cross-linking on indentation resistance, creep and recovery of an acrylic resin denture base material. *J Dent*, Oxford, v.3, n.1, p.15-18, Jan. 1975.
24. JEROLIMOV, V. *et al.* Rapid curing of acrylic denture-base materials. *Dent Mater*, Oxford, v.5, n.1, p.18-22, Jan. 1989.
25. JEROLIMOV, V. *et al.* The effect of variations in the polymer/monomer mixing ratios on residual monomer levels and flexural properties of denture base materials. *Quintessence Int*, Berlin, v.9, n.7, p.431-434, July/Aug. 1985.

26. KIMPARA, E.T., MUENCH, A. Porosidade em decorrência do processamento e volume de resina acrílica. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.10, n.3, p.237-239, jul./set. 1996.
27. KIMURA, H., TERAOKA, F., SUGITA, M. Applications of microwave for dental technique (part 1) – dough-forming and curing of acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch*, Suita, v.23, p.43-49, Dec. 1983.
28. LEVIN, B., SANDERS, J.L., REITZ, P.V. The use of microwave energy for processing acrylic resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.61, n.3, p.381-383, Mar. 1989.
29. MCCABE, J.F., BASKER, R.M. Tissue sensitivity to acrylic resin. A method of measuring the residual monomer content and its clinical application. *Br Dent J*, London, v.140, n.10, p.347-350, May 1976.
30. MELLO, J.A.N. *Avaliação in vitro de propriedades mecânicas e química de uma resina autopolimerizável polida quimicamente, submetida a um ciclo de polimerização complementar com energia de microondas ou água quente*. Piracicaba, 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas

31. MESQUITA, M.F. *Efeito do Polimento químico sobre a Dureza Rugosidade Superficial e Resistência ao Impacto de resinas acrílica ativadas química e termicamente em vários períodos de armazenagem*. Piracicaba, 1995. 121p. Tese (Doutorado em Clínica Odontológica) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.

32. NISHII, M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat – curing resins. *J Osaka Dent Univ, Osaka*, v.2, n.1, p.23-40, Feb. 1968.

33. NOWLIN, T.P., TAUBERT, T., BOESEL, B.J. Tensile strength and porosity in two new microwave process acrylics. *J Dent Res*. Washington, v.70, p.476, Apr. 1991. [Abstract, 1680]

34. PHILLIPS, R.W. *Materiais dentários de Skinner*. 8.ed. Tradução por Dioracy Fonterrada Vieira. Rio de Janeiro : Interamericana, 1984. Cap.36, p.423-436. Tradução de : Skinner's science of dental materials.

35. _____. *Skinner materiais dentários*. 9.ed. Tradução por Julio Jorge D'Albuquerque Lossio. Rio de Janeiro : Guanabara Koogan, 1993. Cap., p.91-123. Tradução de: Skinner's science of dental materials.

36. PHOENIX, R.D. Introduction of a denture injection system for use with microwaveable acrylic resins. *J Prosthodont*, Orlando, v.6, n.4, p.286-291, Dec. 1997.

37. REITZ, P.V., SANDERS, J.L., LEVIN, B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. *Quintessence Int*, Berlin, v.6, n.8, p.547-551, Aug. 1985.
38. SABB, E.M., RAMADAN, F.A., MOHAMED, F.A. The effect of curing cycles and mold materials on porosity of acrylic resin. *Egypt Dent J*, Cairo, v.21, n.1, p.75-88, Jan. 1975.
39. SADAMORI, S. *et al.* Influence of thickness and location on the residual monomer content of denture base cured by three processing methods. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.72, n.1, p.19-22, July 1994.
40. SAMUEL, S.M.W., GONZATO, D., SUZUKI, R.M. Avaliação da porosidade de resinas acrílicas de termo-polimerização. *Rev Fac Odontol Porto Alegre*, Porto Alegre, v.37, n.1, p.18-20, jul. 1996.
41. SANDERS, J.L., LEVIN, B., REITZ, P.V. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. *Quintessence Int*, Berlin, v.18, n.7, p.453-456, 1987.
42. SHOLSBERG, S.R. *et al.* Microwave energy polymerization of poly (methyl methacrylate) denture base resins. *Int J Prosthodont*, Lombard, v.2, n.5, p.453-458, 1989.
43. SMITH, D.C., BAINS, M.D. The acrylic denture base. Residual monomer. *Br Dent J*, London, v.105, n.5, p.86-91, Aug. 1956.

44. SMITH, D.C., BAINS, M.D. The detection and estimation of residual monomer in polymethyl methacrylate. *J Dent Res*, Washington, v.35 n.1, p.16-24, Feb. 1958.
45. SPENCER, H.R., GARIAEFF, P. The present status of vulcanite versus plastics as a baseplate material. *Contact Point*, San Francisco, v.27/28 p.263-267, June 1949.
46. TAKAMATA, T. *et al.* Adaptation of acrylic resin denture as influenced by the activation mode of polymerization. *J Am Dent Assoc*, Chicago v.119, n.2, p.271-276, Aug. 1989.
47. TANJI, M. *Estudo comparativo entre tipos de resinas acrílicas sobre as variáveis resistência ao impacto, dureza de superfície, rugosidade e porosidade.* Piracicaba, 2000. 120p. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
48. TAUBERT, T.R., NOWLIN, T.P. Controlling porosity in microwave processed acrylic. *Trends Tech Contemp Dent Lab*, McLean, v.9, n.3, p.45-48, Apr. 1992.
49. TROUNG, V.T., THOMAZ, F.G.V. Comparison of denture acrylic resins cured by boiling water and microwave energy. *Aust Dent J*, St Leonards, v.33, n.3, p.201-204, June 1988.

50. ULUSOY, M., ULUSOY, N., AYDIN, A.K. An evaluation of polishing techniques on surface roughness of acrylic resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.56, n.1, p.107-112, July 1986.
51. VALLITTU, P.K. The effect of surface treatment of denture acrylic resin on the residual monomer content and its release into water. *Acta Odontol Scand*, Oslo, v.54, n.3, p.188-192, June 1996.
52. VAN NOORT, R. *Introduction to dental material*. London : Mosby Year Book, 1995. Chap.3 pt.2, p.183-191.
53. WOELFEL, J.B. Processing complete dentures. *Dent Clin North Am*, Philadelphia, v.21, n.2, p.329-338, Apr. 1977.

APÊNDICE

Tabela 6: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas 3 minutos 500 W

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	03	03	0	06
02	01	0	0	01
03	01	01	02	04
04	01	01	03	05
05	01	02	01	04
06	0	01	0	01
07	01	01	0	02
08	01	01	0	02
09	01	01	0	02

Tabela 7: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas 3 minutos 500 W

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0	01	01	02
02	0	01	02	03
03	0	01	01	02
04	0	0	01	01
05	01	01	02	04
06	01	01	01	03
07	0	02	0	02
08	02	0	01	03
09	01	0	02	03

Tabela 8: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas 3 minutos 500 W

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	02	02	0	04
02	0	02	01	03
03	01	0	0	01
04	0	0	02	02
05	02	0	01	03
06	02	0	01	03
07	02	0	01	03
08	0	01	03	04
09	0	02	01	03

Tabela 9: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74°C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC2

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0	01	01	02
02	02	02	0	04
03	01	01	02	04
04	01	01	0	02
05	01	01	01	03
06	02	01	0	03
07	01	0	02	03
08	0	02	01	03
09	0	01	01	02

Tabela 10: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74°C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0	0	01	01
02	0	0	0	0
03	0	0	03	03
04	01	0	0	01
05	02	0	01	03
06	03	01	0	04
07	01	01	02	04
08	02	01	0	03
09	02	0	01	03

Tabela 11: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74°C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0	01	0	01
02	0	0	01	01
03	02	02	01	05
04	0	04	0	04
05	0	03	0	03
06	01	0	01	02
07	01	04	0	05
08	01	0	01	02
09	02	0	0	02

Tabela 12: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: ciclo do fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	02	01	01	04
02	01	01	0	02
03	0	0	01	01
04	01	0	01	02
05	03	02	01	06
06	0	01	0	01
07	02	02	0	04
08	01	01	01	03
09	0	0	02	02

Tabela 13: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: ciclo do fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	01	02	0	03
02	0	0	01	01
03	01	01	0	02
04	02	01	01	04
05	01	01	01	03
06	01	0	0	01
07	0	01	01	02
08	02	0	01	03
09	0	0	02	02

Tabela 14: Valores originais de Porosidade

Teste: Porosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: ciclo do fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	02	01	01	04
02	01	01	01	03
03	0	0	01	01
04	0	0	0	0
05	01	02	02	05
06	02	01	01	04
07	03	0	0	03
08	01	01	0	02
09	01	0	01	02

Tabela 15. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas 3 minutos 500 W

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0294	0,0365	0,0357	0,0338
02	0,0379	0,0425	0,0365	0,0389
03	0,0283	0,0268	0,0251	0,0267
04	0,0379	0,0474	0,0416	0,0423
05	0,0375	0,0499	0,0257	0,0377
06	0,0283	0,0268	0,0339	0,0296
07	0,0354	0,0373	0,0306	0,0344
08	0,0237	0,0229	0,0253	0,0239
09	0,0359	0,0229	0,0380	0,0322

Tabela 16. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas 3 minutos 500 W

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0085	0,0095	0,0127	0,0102
02	0,0390	0,0356	0,0201	0,0315
03	0,0099	0,0103	0,0249	0,0150
04	0,0151	0,0166	0,0173	0,0163
05	0,0175	0,0184	0,0266	0,0208
06	0,0168	0,0163	0,0165	0,0165
07	0,0136	0,0147	0,0114	0,0132
08	0,0167	0,0193	0,0104	0,0154
09	0,0218	0,0177	0,0366	0,0253

Tabela 17. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas 3 minutos 500 W

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0479	0,0428	0,0221	0,0376
02	0,0183	0,0325	0,0301	0,0269
03	0,0240	0,0168	0,0156	0,0188
04	0,0179	0,0214	0,0200	0,0197
05	0,0228	0,0354	0,0227	0,0269
06	0,0450	0,0219	0,0513	0,0394
07	0,0228	0,0325	0,0217	0,0256
08	0,0497	0,0148	0,0240	0,0295
09	0,0307	0,0168	0,0185	0,0220

Tabela 18. Valores originais para Rugosidade

Teste Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74°C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0211	0,0242	0,0196	0,0216
02	0,0361	0,0338	0,0462	0,0387
03	0,0580	0,0560	0,0536	0,0558
04	0,0338	0,0247	0,0296	0,0293
05	0,0305	0,0336	0,0304	0,0315
06	0,0552	0,0462	0,0381	0,0465
07	0,0308	0,0445	0,0364	0,0372
08	0,0361	0,0242	0,0562	0,0388
09	0,0211	0,0247	0,0364	0,0274

Tabela 19. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74°C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0239	0,0431	0,0306	0,0325
02	0,0233	0,0213	0,0241	0,0229
03	0,0399	0,0481	0,0415	0,0431
04	0,0134	0,0094	0,0121	0,0116
05	0,0105	0,0116	0,0103	0,0108
06	0,0204	0,0195	0,0170	0,0189
07	0,0149	0,0190	0,0141	0,016
08	0,0245	0,0335	0,0139	0,0239
09	0,0207	0,0161	0,0240	0,0202

Tabela 20. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74°C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0481	0,0425	0,0469	0,0458
02	0,0772	0,0657	0,0768	0,0732
03	0,0291	0,0226	0,0167	0,0228
04	0,0225	0,0295	0,0228	0,0249
05	0,0249	0,0253	0,0227	0,0243
06	0,0196	0,0231	0,0258	0,0228
07	0,0139	0,0261	0,0228	0,0209
08	0,0178	0,0159	0,0158	0,0165
09	0,0381	0,0440	0,0301	0,0374

Tabela 21. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0294	0,0343	0,0245	0,0294
02	0,0294	0,0345	0,0400	0,0346
03	0,0372	0,0387	0,0317	0,0358
04	0,0463	0,0421	0,0680	0,0521
05	0,0521	0,0338	0,0275	0,0378
06	0,0448	0,0298	0,0239	0,0328
07	0,0434	0,0376	0,0209	0,0339
08	0,0293	0,0212	0,0268	0,0257
09	0,0169	0,0328	0,0360	0,0285

Tabela 22. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0116	0,0308	0,0308	0,0244
02	0,0150	0,0296	0,0296	0,0247
03	0,0125	0,0138	0,0286	0,0183
04	0,0145	0,0178	0,0180	0,0167
05	0,0177	0,0238	0,0173	0,0196
06	0,0186	0,0217	0,0265	0,0222
07	0,0248	0,0312	0,0185	0,0248
08	0,0162	0,0187	0,0170	0,0173
09	0,0176	0,0211	0,0296	0,0227

Tabela 23. Valores originais para Rugosidade

Teste: Rugosidade

Ciclo de Polimerização utilizada: Fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo-de-prova	1ª leitura	2ª leitura	3ª leitura	Média Geral
01	0,0242	0,0227	0,0338	0,0269
02	0,0287	0,0222	0,0342	0,0283
03	0,0237	0,0226	0,0257	0,0240
04	0,0227	0,0224	0,0195	0,0215
05	0,0286	0,0288	0,0300	0,0291
06	0,0364	0,0276	0,0324	0,0321
07	0,0296	0,0272	0,0270	0,0279
08	0,0305	0,0336	0,0364	0,0335
09	0,0232	0,0243	0,0252	0,0242

Tabela 24. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	16,5	13,4	19,2	16,3	17,3	12,3	14,6	13,3	14,2	15,2
02	16,4	19,8	16,4	17,3	17,9	16,5	17,3	16,4	16,9	17,2
03	18,4	17,2	18,0	17,3	20,2	15,3	16,8	16,8	16,4	17,3
04	15,9	16,5	15,8	16,3	17,8	16,6	16,8	16,8	16,4	16,5
05	16,6	16,6	14,3	14,3	16,6	14,4	16,8	16,4	16,4	15,8
06	17,3	15,6	16,9	17,5	19,0	16,9	15,1	20,2	16,4	17,2
07	20,3	19,1	16,6	15,5	20,3	17,1	16,8	16,4	16,6	17,6
08	17,5	15,5	15,5	17,0	17,0	17,0	16,4	16,7	17,2	16,6
09	17,7	16,7	17,4	19,8	17,2	16,7	17,0	17,0	19,3	17,6

Tabela 25. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	17,5	18,4	17,7	18,2	17,3	16,8	16,3	16,8	16,6	17,2
02	18,1	16,9	17,5	16,0	16,0	16,2	16,9	15,6	16,5	16,6
03	20,6	18,5	17,5	18,2	17,9	17,7	15,6	16,2	17,8	17,7
04	19,8	17,2	17,5	17,6	16,2	17,8	18,8	17,6	17,2	17,7
05	18,2	17,1	17,9	16,9	16,5	17,5	16,6	17,0	18,1	17,3
06	18,6	18,1	17,3	17,3	16,3	17,7	17,3	18,3	17,3	17,5
07	17,3	18,4	19,0	19,4	18,8	17,3	16,3	15,3	16,3	17,5
08	17,3	18,1	17,3	16,3	15,3	16,3	16,9	19,3	17,3	17,1
09	19,3	18,5	18,3	18,3	16,9	17,3	16,9	17,3	18,3	17,9

Tabela 26. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: Microondas

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	14,9	16,0	16,9	15,3	17,6	16,5	17,4	17,8	16,9	16,4
02	17,8	16,6	15,9	15,9	17,7	16,9	18,9	17,0	17,0	17,0
03	15,3	17,6	16,5	16,2	16,9	16,9	16,9	16,9	16,2	16,6
04	18,0	16,6	19,3	17,8	17,8	17,0	15,2	16,0	16,0	17,0
05	17,8	17,8	17,0	18,9	18,4	17,4	17,4	119,1	18,0	17,9
06	17,6	19,6	17,4	18,2	18,2	18,2	18,5	17,0	17,4	18,0
07	14,9	16,5	15,8	17,8	16,9	17,8	16,9	16,9	16,9	16,7
08	16,9	16,9	16,9	17,3	15,6	17,8	19,3	18,6	17,7	17,4
09	17,5	18,0	18,1	19,3	18,4	18,1	17,7	18,6	20,3	18,4

Tabela 27. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74 ° C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	15,8	15,8	14,3	16,0	16,6	16,6	15,8	15,8	15,8	15,8
02	15,0	16,6	15,8	16,1	16,4	14,4	15,7	16,3	16,1	15,8
03	16,1	18,2	18,6	18,6	15,7	17,3	17,3	18,3	15,7	17,3
04	15,7	15,2	15,8	16,5	16,3	17,2	17,0	16,3	14,4	16,0
05	15,7	18,2	15,8	16,5	16,6	17,5	16,1	16,4	18,7	16,8
06	16,3	16,6	15,8	17,3	18,3	16,8	15,3	14,3	17,3	16,4
07	17,3	15,2	16,5	18,2	15,0	16,3	15,3	16,0	14,4	16,0
08	18,2	17,1	17,5	18,1	16,6	17,2	17,3	18,0	17,4	17,4
09	17,0	16,5	17,1	18,0	17,2	18,0	16,4	16,2	15,3	16,8

Tabela 28. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74 ° C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	19,4	19,1	19,0	18,8	18,7	19,0	19,4	18,8	19,1	19,0
02	17,7	19,4	18,5	14,4	20,5	13,6	13,0	18,5	19,1	17,1
03	18,8	17,9	14,2	12,9	13,1	12,4	14,5	17,1	18,1	15,4
04	19,6	18,2	21,0	19,6	20,2	18,3	14,0	16,9	17,4	18,3
05	19,5	15,2	18,2	19,1	15,8	19,9	17,4	14,0	18,2	17,4
06	19,5	18,8	12,4	14,5	12,9	14,2	13,1	14,5	18,2	15,3
07	18,5	19,4	18,7	13,6	20,5	18,8	19,1	18,5	19,4	18,5
08	18,5	20,5	18,8	14,5	12,4	19,4	17,2	16,9	13,9	16,9
09	17,2	17,2	16,5	18,2	16,9	16,7	16,9	16,8	18,2	17,1

Tabela 29. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: 9 horas a 74 ° C

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	16,4	16,0	16,0	16,1	15,6	14,9	15,9	15,6	15,6	15,7
02	16,1	15,7	17,6	15,9	16,2	15,6	15,8	15,6	16,1	16,0
03	15,5	15,9	16,0	15,9	15,3	15,4	15,0	14,9	15,6	15,5
04	14,9	14,7	15,6	14,9	14,5	15,2	15,0	15,2	15,1	15,0
05	15,3	16,7	16,0	15,2	15,2	15,2	15,1	15,6	15,8	15,5
06	14,9	16,7	16,0	15,8	16,3	15,7	16,4	15,8	16,3	15,9
07	15,8	10,6	15,4	15,1	10,5	14,5	13,8	15,4	14,4	13,9
08	15,3	15,8	15,0	14,9	14,9	16,0	15,0	14,4	15,2	15,1
09	15,0	14,6	15,4	16,0	14,6	16,3	17,7	17,3	15,7	15,8

Tabela 30. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: Fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 30 minutos

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	12,8	13,2	14,5	16,5	13,0	17,2	14,5	17,2	21,5	15,6
02	14,5	15,3	16,4	17,3	12,8	16,7	17,2	18,5	16,7	16,1
03	17,4	15,3	17,2	16,4	16,7	16,5	16,3	14,4	17,3	16,3
04	16,5	16,4	17,4	14,5	15,3	16,7	12,8	18,5	17,3	16,1
05	16,7	18,5	17,2	17,3	16,7	16,5	17,2	17,2	16,7	17,1
06	16,7	18,2	18,9	16,0	17,2	17,2	15,9	16,5	18,2	17,2
07	17,5	16,9	17,8	19,3	15,6	17,7	16,9	18,6	16,9	17,4
08	16,9	16,9	17,8	18,2	16,9	15,8	14,9	17,8	17,8	17,0
09	17,8	17,2	15,8	16,5	18,3	16,1	18,2	18,9	17,5	17,3

Tabela 31. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: Fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 12 horas

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	14,9	16,0	16,9	15,3	17,6	16,5	17,4	17,8	16,9	16,4
02	17,8	16,6	15,9	15,9	17,7	16,9	18,9	17,0	17,0	17,0
03	15,3	17,6	16,5	16,2	16,9	16,9	16,9	16,9	16,2	16,6
04	18,0	16,6	19,3	17,8	17,8	17,0	15,2	16,0	16,0	17,0
05	17,8	17,8	17,0	18,9	18,4	17,4	17,4	19,1	18,0	17,9
06	17,6	19,6	17,4	18,2	18,2	18,2	18,5	17,0	17,4	18,0
07	14,9	16,5	15,8	17,8	16,9	17,8	16,9	16,9	16,9	16,7
08	16,9	16,9	16,9	17,3	15,6	17,8	19,3	18,6	17,7	17,4
09	17,5	18,0	18,1	19,3	18,4	18,1	17,7	18,6	20,3	18,4

Tabela 32. Valores Originais para Dureza Superficial

Teste: Dureza

Ciclo de Polimerização utilizada: Fabricante

Tempo de Descanso entre a prensagem e polimerização: 24 horas

Resina: QC20

Corpo	1ª leit.	2ª leit.	3ª leit.	4ª leit.	5ª leit.	6ª leit.	7ª leit.	8ª leit.	9ª leit.	Média
01	17,2	17,2	16,5	18,2	16,9	16,7	16,9	16,8	18,2	17,1
02	18,5	19,4	18,7	13,6	20,5	18,8	19,1	18,5	19,4	18,5
03	18,8	18,1	17,1	14,5	12,9	14,2	17,9	12,4	13,1	15,4
04	19,4	20,5	18,5	18,5	13,6	19,1	17,7	14,4	13,0	17,1
05	19,4	18,8	19,1	19,0	18,7	18,8	19,4	19,1	19,0	19,0
06	18,8	12,9	14,5	12,4	14,2	18,2	13,1	14,5	19,5	15,3
07	18,2	19,9	18,2	14,0	15,8	15,2	17,4	19,1	19,5	17,4
08	19,4	19,1	19,0	18,8	18,7	19,0	19,4	18,8	19,1	19,0
09	13,9	19,4	18,8	16,9	12,4	20,5	17,2	14,5	18,5	16,9

1. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O modelo matemático para análise da variância foi o de delineamento inteiramente ao acaso, no esquema fatorial, cuja expressão é a seguinte:

$$y_{ijk} = m + M_i + T_j + (MT)_{ij} + e_{ijk}$$

onde:

y_{ijk} = valor observado referente à k-ésima repetição (amostra), do i-ésimo método (ciclo de polimerização), no j-ésimo tempo;

m = fator fixo, estimado pela média geral;

M_i = efeito do i-ésimo método (ciclo de polimerização);

T_j = efeito do i-ésimo tempo;

$(MT)_{ij}$ = efeito da interação do i-ésimo método com o j-ésimo tempo;

e_{ijk} = erro aleatório (variação do acaso sobre as observações da k-ésima repetição, do i-ésimo método, no j-ésimo tempo), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

O esquema de análise da variância e teste F foi o seguinte:

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Métodos	2	SQ Métodos	QM Métodos	QM Métodos/QM Resíduo
Tempos	2	SQ Tempos	QM Tempos	QM Tempos/QM Resíduo
Métodos×Tempos	4	SQ Métodos×Tempos	QM Métodos×Tempos	QM Métodos×Tempos/QM Resíduo
Resíduo	72	SQ Resíduo	QM Resíduo	
Total	80	SQ Total		

onde as SQ (somadas de quadrados) e QM (quadrados médios) podem ser obtidos em literatura da área.

A razão QM de Causas de Variação/QM Resíduo testa as hipóteses:

H_0 : não existe diferença entre as médias dos Métodos (QM Método/QM Resíduo);

H_0 : não existe diferença entre as médias dos Tempos (QM Tempos/QM Resíduo);

H_0 : não existe diferença entre as médias da interação de Métodos com Tempos (QM Métodos×Tempos/QM Resíduo).

Considerou-se como nível mínimo para rejeição dessas hipóteses 5%, ou seja, sempre que o valor da probabilidade do teste F for menor ou igual a 0,05 ($\alpha \leq 0,05$), rejeita-se a hipótese de nulidade, isto é, aceita-se que existe diferença significativa entre pelo menos duas médias de tratamentos (Métodos, Tempos, ou a interação destes), e procede-se então ao detalhamento da análise.

Dado que os fator Métodos (ciclos de polimerização) é qualitativo, sempre que o teste F detectou diferença significativa entre suas médias ou entre as médias da interação (dentro de cada tempo), foi feito o detalhamento da análise através do teste de Tukey, considerando, também, um nível mínimo de significância de 5% ($\alpha \leq 0,05$). Já para o fator Tempos e suas interações (tempos dentro de cada método), como se trata de fator quantitativo, a literatura consultada recomenda que o detalhamento da análise da variância seja feito através do estudo do comportamento da variável (por exemplo,

dureza) em função do tempo, utilizando-se análise de regressão e ajuste de curvas².

2. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

Para que os modelos de análise descritos tenham validade e os testes tenham poder, são necessárias serem satisfeitas as pressuposições:

- homogeneidade de variâncias, ou seja, só podem ser comparados tratamentos com variâncias homogêneas entre si;
- independência dos erros;
- erros com distribuição normal (ou aproximadamente normal).

Para testar essas pressuposições procedeu-se à análise exploratória de dados (Hoaglin, et al., 1991)³, através de:

Teste de homogeneidade de variâncias: utilizou-se o teste do F_{\max} , que consiste em obter a razão entre a maior e a menor variância de tratamentos (para cada variável) e compará-la com um valor tabelado:

$$F_{\max} = \frac{S_{\max}^2}{S_{\min}^2} \sim F_{(k \text{ trat.}; v-1 \text{ rep.})}$$

- Se o valor obtido for maior que o tabelado, rejeita-se a hipótese de que as variâncias de tratamentos são homogêneas, havendo necessidade de se estudar se essa heterogeneidade pode ser eliminada com uma

² Não pode ser utilizado para esse caso testes qualitativos para escolher “o melhor” ou “o pior” tempo, pois não se pode voltar exatamente àquela hora. Pode-se apenas estudar como se comporta a variável “no decorrer” do tempo.

³ HOAGLIN, D.C.; MOSTELLER, F.; TUKEY, J.W. Análise Exploratória de Dados. Técnicas Robustas, Trad. Ed. Salamandra, Coleção Novas Tecnologias, Lisboa, 1991, 446p.

transformação dos dados ou não. Se o valor obtido for menor que o tabelado, não se rejeita a hipótese de homogeneidade de variâncias.

- Análise gráfica dos resíduos: consiste em plotar num diagrama de dispersão os valores estimados pelo modelo da análise da variância *versus* os resíduos padronizados (erro referente a cada observação dividido pelo desvio padrão amostral). A forma desse gráfico permite a detecção de falta de independência e existência de heterogeneidade regular (que pode ser eliminada através do uso de uma transformação adequada) ou irregular (que não permite transformação). O intervalo dos resíduos padronizados detecta se há algum(uns) valor(es) desviando-se da normalidade. Consideram-se normalmente distribuídos os resíduos que estiverem no intervalo de -3 a 3.
- Diagrama de “ramos e folhas”: ordenação dos dados de forma programada para mostrar sua distribuição aproximada, dispersão, assimetria, curtose, agrupamento de valores e, principalmente, detecção de “outliers” (dados discrepantes) e sua localização espacial, alertando para possíveis problemas não notados durante o experimento (p.e., material estranho ao experimento em algum método).

A análise gráfica dos resíduos, apresentada na Figura 19, permite afirmar que as pressuposições de independência e de homogeneidade de variâncias (através da forma do gráfico), e também de normalidade (através dos intervalos dos resíduos padronizados), não foram violadas para as variáveis Dureza e Rugosidade, e foram restabelecidas para a variável porosidade

quando aplicou-se a transformação $\sqrt{x+1}$, ou seja, as três variáveis podem ser analisadas segundo o modelo matemático.

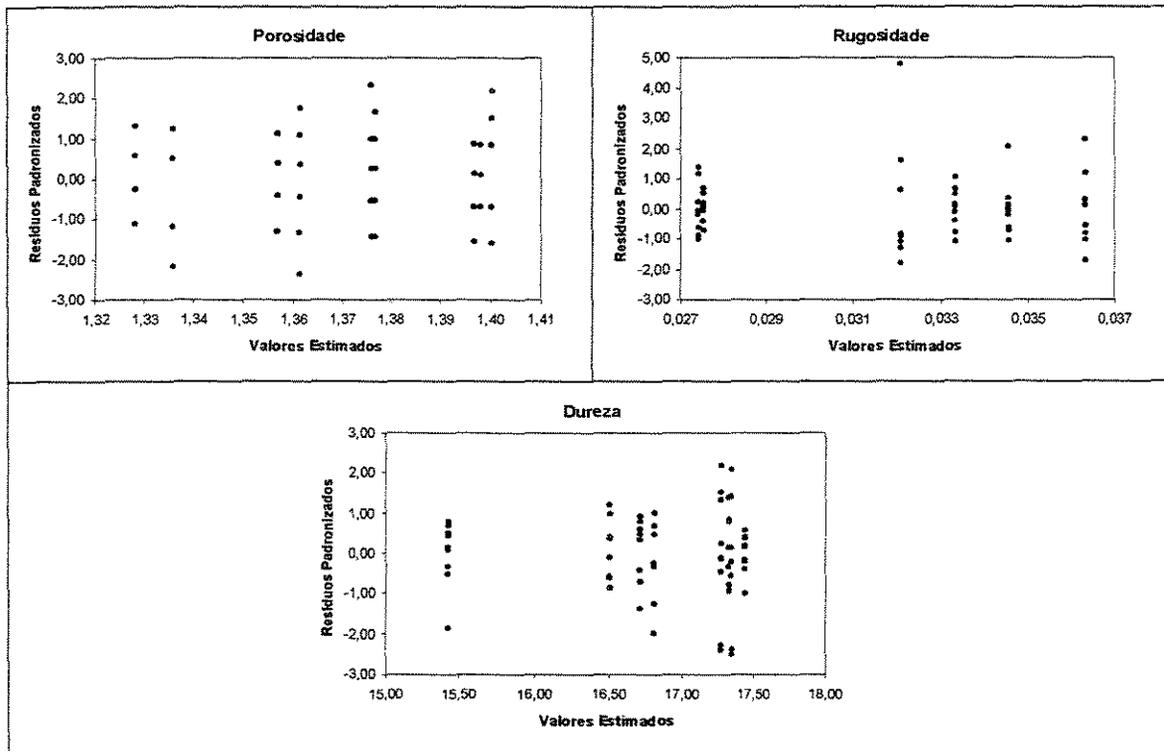


Figura 16 - Análise gráfica dos resíduos padronizados para as variáveis Dureza, Rugosidade e Porosidade (transformada em $\sqrt{x+1}$).

A observação dos diagramas de ramos e folhas para as três variáveis em estudo, constante da Figura 2, permite a visualização de pouquíssimos “outliers”, apenas 2 para maior na variável Rugosidade (Método Convencional aos 30 minutos e às 24 horas) e 1 para menor na variável Dureza (Método Convencional às 24 horas). A forma apresenta-se relativamente simétrica, e a existência dos “outliers” não violou as pressuposições para análise da variância e testes para inferência. Além disso o diagrama de ramos e folhas dos resíduos padronizados, que é o de interesse, mostrou boa simetria.

Consideramos, então, o polinômio de 2.º grau como a curva que consegue explicar o comportamento desta variável no decorrer do tempo. A Figura 18 permite uma melhor visualização deste resultados.

Tabela 33 - Análise de Regressão para a variável **Dureza**, considerando Tempos dentro dos métodos estudados.

Causas de Variação	MÉTODOS: QUADRADOS MÉDIOS		
	Convencional	Microondas	Fabricante
Regressão Linear	5,4721495**	1,1667707 ^{ns}	1,7371907 ^{ns}
Regressão Quadrática	9,8906888**	0,8332726 ^{ns}	0,5459002 ^{ns}
Resíduo	0,7284244	0,7284244	0,7284244

** = Significativo pelo teste F, ao nível de 1% ($\alpha \leq 0,01$);

ns = Não significativo, considerando-se como n.m.s. 5% ($\alpha > 0,5$).

Note-se que na Figura 18 somente foi exibida a curva significativa pela análise de regressão. Verifica-se que para o método Convencional a análise de regressão indica a ocorrência de um ponto de máxima Dureza, isto é, pouco ou muito tempo entre a prensagem e a polimerização propriamente dita diminuem a Dureza do material quando se utiliza este método. Enquanto que para os demais métodos parece existir uma estabilidade na Dureza do material independente do tempo entre a prensagem e a polimerização propriamente dita.

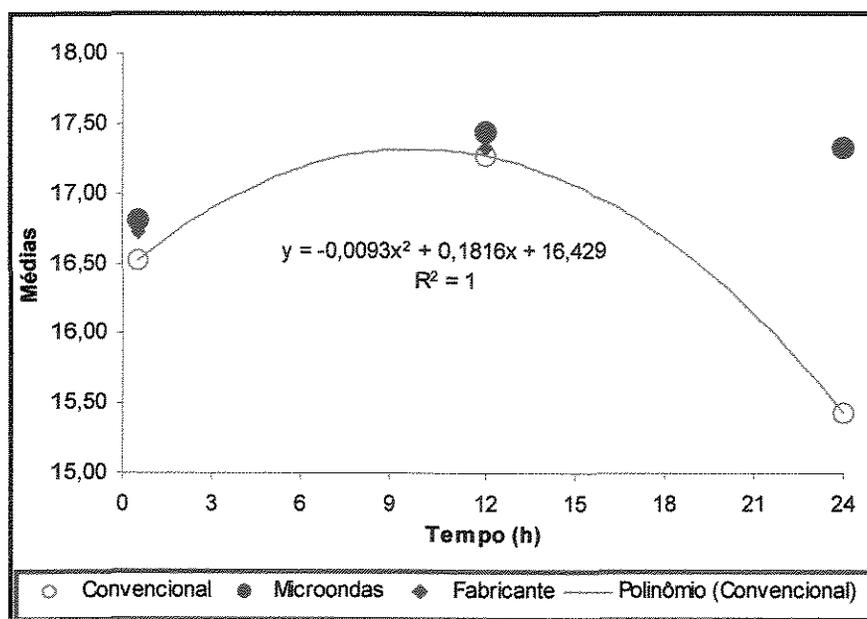


Figura 18 – Dispersão das médias de Dureza, devidas aos tempos dentro de cada Método estudado.

4. ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA A VARIÁVEL RUGOSIDADE

Na Tabela 34, são apresentados os resultados da análise de regressão para a variável Rugosidade, em função dos tempos entre a prensagem e a polimerização propriamente dita.

Tabela 34 - Análise de Regressão para a variável **Rugosidade**, em função dos Tempos.

Causas de Variação	Rugosidade: Quadrados Médios
Regressão Linear	0,0004204*
Regressão Quadrática	0,0023169**
Resíduo	0,0000831

** = Significativo pelo teste F, ao nível de 1% ($\alpha \leq 0,01$);

* = Significativo pelo teste F, ao nível de 5% ($\alpha \leq 0,05$);

ns = Não significativo, considerando-se como n.m.s. 5% ($\alpha > 0,05$).

Observa-se, pela Tabela 34, que a regressão quadrática foi significativa ao nível de 1%, indicando que um polinômio de 2.º grau consegue explicar o comportamento da Rugosidade em função do Tempo. A Figura 19 ilustra melhor tal comportamento. Nota-se que a Rugosidade apresenta um ponto de mínimo, isto é, utilizando-se pouco ou muito tempo entre a prensagem e a polimerização propriamente dita ocorre um aumento na Rugosidade do material, o que pode indicar que existe um ponto de ótimo para o tempo a ser utilizado, e além disso, para essa variável, esse tempo é independente do ciclo de polimerização utilizado.

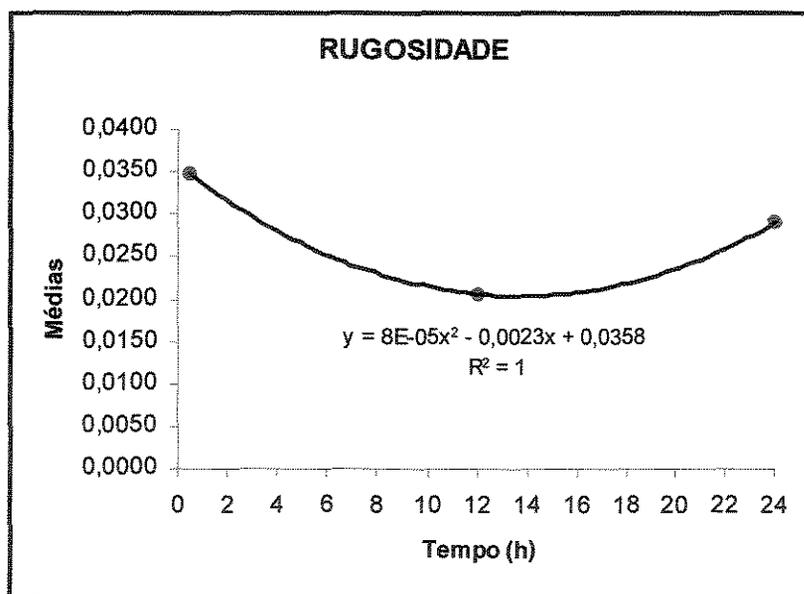


Figura 19 – Dispersão das médias de Rugosidade, em função dos tempos estudados.

5. COMPORTAMENTO DAS VARIÁVEIS EM FUNÇÃO DOS TEMPOS.

Na Tabela 35 são apresentadas as médias das três variáveis estudadas, em função dos Métodos (ciclos de polimerização), considerando os três tempos conjuntamente, bem como o resultado do teste de Tukey na comparação das mesmas. Note-se que pela análise de variância já ficou evidenciado que para as variáveis Rugosidade e Porosidade não existe diferença entre as médias dos Métodos, e que para a variável Dureza, já que interação foi significativa é incoerente tirar conclusões em cima da análise individual de cada fator, mas essa Tabela, de qualquer forma, ilustra os resultados obtidos.

Tabela 35 - Comparação, pelo teste de Tukey, das médias de Dureza, Rugosidade e Porosidade, devidas a cada Método (ciclos de polimerização) estudado.

MÉTODOS	MÉDIAS		
	DUREZA	RUGOSIDADE	POROSIDADE
Convencional	16,41 ^b	0,0302 ^a	0,90 ^a
Microondas	17,19 ^a	0,0263 ^a	0,94 ^a
Fabricante	17,13 ^a	0,0278 ^a	0,86 ^a

Médias seguidas de letras minúsculas diferentes, nas colunas, diferem entre si ao nível de 5%.

Confirmando os resultados da análise da variância, observa-se que não houve diferenças significativas entre as médias obtidas pelos métodos para as variáveis Rugosidade e Porosidade, apesar do Método Convencional apresentar maior Rugosidade e Porosidade intermediária, e o Método Microondas apresentar menor Rugosidade e maior Porosidade. Para a variável Dureza, o teste de Tukey detectou diferenças significativas entre o Método Convencional e os outros dois métodos, mostrando que o Método Convencional apresentou uma menor Dureza em relação aos demais, porém isso é devido, como já visto, à diferença encontrada às 24 horas entre a

prensagem e a polimerização propriamente dita, e não a uma diferença global. Esses resultados estão ilustrados na Figura 20.

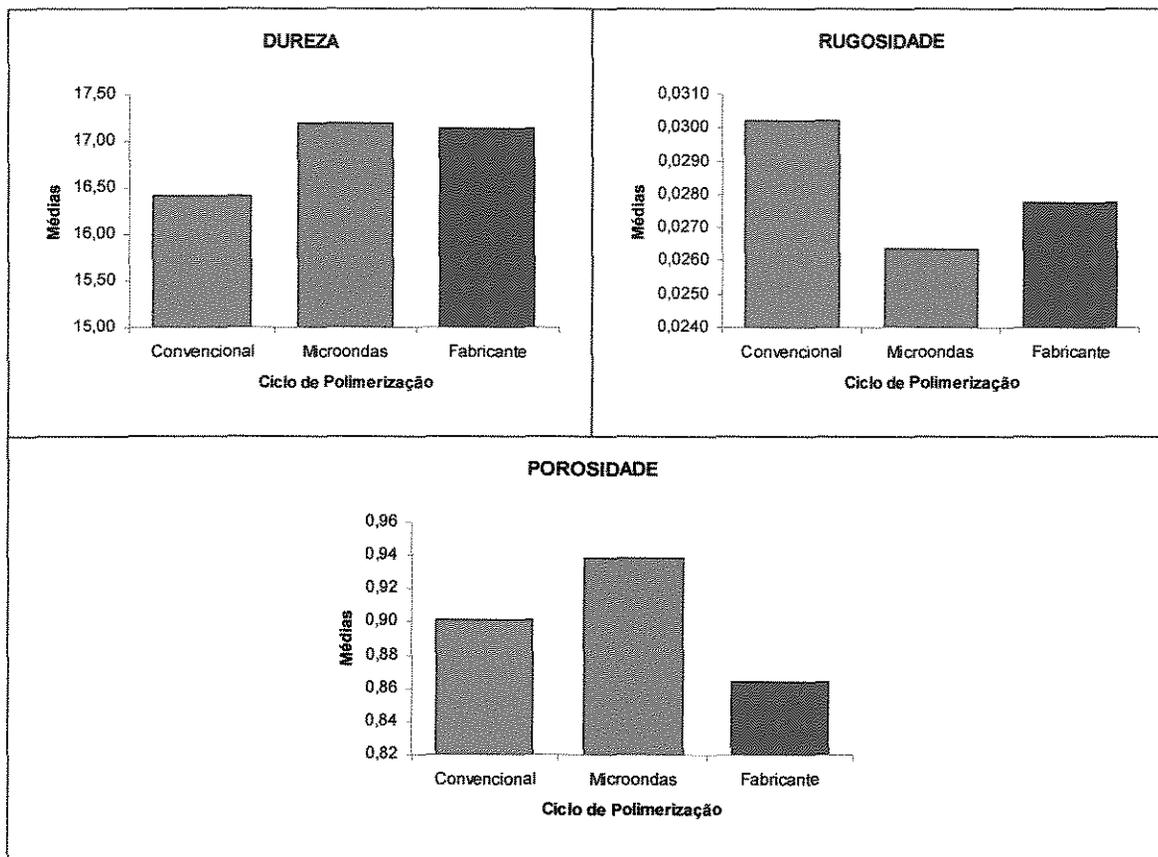


Figura 20 - Médias de Dureza, Rugosidade e Porosidade, devidas a cada Método (ciclos de polimerização) estudado.

Pode-se ilustrar graficamente os resultados obtidos através do gráfico “sun ray plots”, que resume o comportamento das variáveis medidas, em função de cada método e dos tempos estudados (figura 21).

Este gráfico consiste em aplicar um fator de ponderação às médias de cada uma das variáveis estudadas (para transformá-las em uma medida comparável em grandeza) e plotar em cada eixo as distâncias (médias

ponderadas) referente a cada variável considerada. As referências são como se segue (Figura 22).

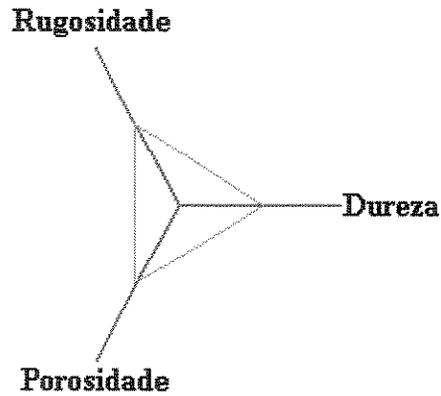


Fig. 22. Referencias adotadas à ilustração gráfica das variáveis estudadas (gráfico “sun ray plots”)

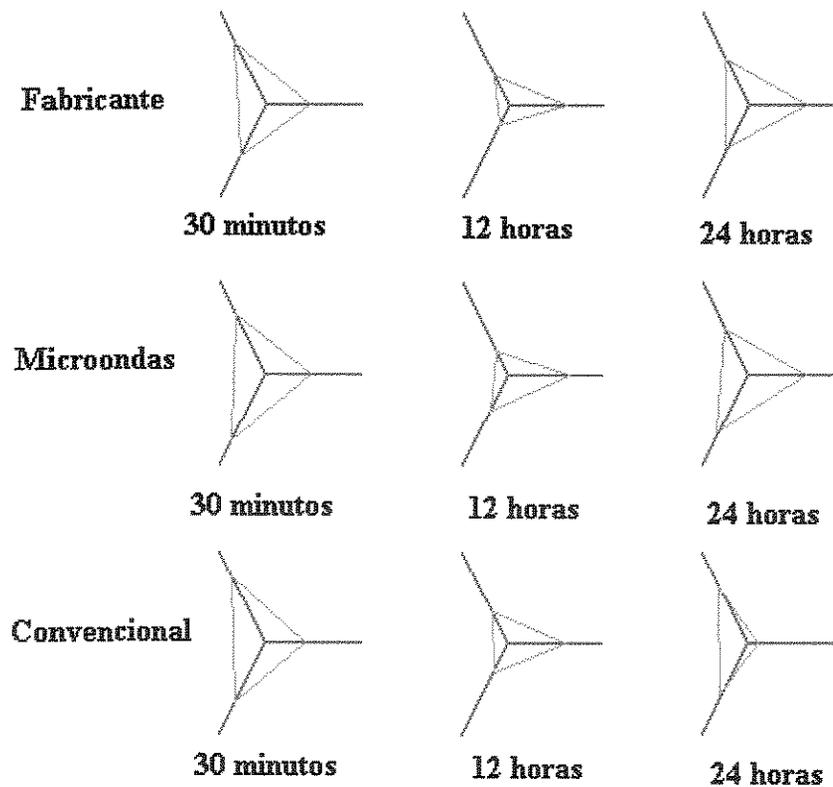


Figura 21 - Gráfico de raios de sol (“sun ray plot”) para os métodos Convencional, do Fabricante e Microondas, dentro de cada tempo, com relação às variáveis estudadas.