



Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp



B C

JULIANA SAAB RAHAL
Cirurgiã -Dentista

INFLUÊNCIA DOS POLIMENTOS MECÂNICO E
QUÍMICO SOBRE PROPRIEDADES DE RESINAS
ACRÍLICAS ATIVADAS TERMICAMENTE

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de mestre em Clínica Odontológica - Área de concentração Prótese Dental.

PIRACICABA - SP
2001

UNIDADE BC
N.º CHAMADA:
1/Unico
1229
V. Ex.
TOMBO BC/ 45918
PROC. 16-392/01
C ☐ D ☒
PREC. R\$ 11,00
DATA 10-08-01
N.º CPD

CM00158382-2



Faculdade de Odontologia de Piracicaba
Universidade Estadual de Campinas - Unicamp



JULIANA SAAB RAHAL

Cirurgiã -Dentista

**INFLUÊNCIA DOS POLIMENTOS MECÂNICO E
QUÍMICO SOBRE PROPRIEDADES DE RESINAS
ACRÍLICAS ATIVADAS TERMICAMENTE**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Ferraz Mesquita

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

Dissertação apresentada à Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, para obtenção do título de mestre em Clínica Odontológica - Área de concentração Prótese Dental.

PIRACICABA - SP
2001

Ficha Catalográfica

R129i Rahal, Juliana Saab.
Influência dos polimentos mecânico e químico sobre propriedades de resinas acrílicas ativadas termicamente. / Juliana Saab Rahal. -- Piracicaba, SP : [s.n.], 2001.
xx, 161p. : il.

Orientador : Prof. Dr. Marcelo Ferraz Mesquita.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Resinas acrílicas. 2. Microondas. 3. Solubilidade. I. Mesquita, Marcelo Ferraz. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela 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 MESTRADO, em sessão pública realizada em 16 de Fevereiro de 2000, considerou a candidata JULIANA SAAB RAHAL aprovada.

1. Prof. Dr. MARCELO FERRAZ MESQUITA

2. Prof. Dr. HUMBERTO GENNARI FILHO

3. Prof. Dr. SAIDE SARCKIS DOMITTI

*“De tudo, ficaram três coisas:
A certeza de que estamos sempre começando...
A certeza de que é preciso continuar...
A certeza de que podemos ser interrompidos
antes de terminar...”*

*Façamos da interrupção um caminho novo...
Da queda, um passo de dança...
Do medo, uma escada...
Do sonho, uma ponte...
Da procura, um encontro!!!”*

Fernando Sabino

Dedico este trabalho

A **Deus**, que me deu a graça de poder estar aqui e ter forças para realizar tudo o que me planejou.

Aos meus pais, **Georges e Janette**, que me deram apoio incondicional em todos os momentos de minha vida e sempre me ensinaram o caminho certo a seguir, e às minhas irmãs **Jorjane e Josiane**, pelo incentivo, carinho e companheirismo, tanto nas alegrias quanto nas dificuldades, independente das distâncias.

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Marcelo Ferraz Mesquita**, Professor Doutor da área de Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, por ter acreditado em meus esforços, pela orientação prestativa, incentivo em todas as etapas, e acima de tudo, pela amizade que promoveu harmonia e satisfação em todo o percurso deste caminho.

Ao **Prof. Dr. Saíde Sarekis Domitti**, Professor Titular da área de Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Piracicaba, da Universidade Estadual de Campinas, pela simpatia e carinho paternal com que nos conduz durante o curso e pelos ensinamentos que nos transmite com sua experiência.

AGRADECIMENTOS

À **Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP**, na pessoa de seu diretor Prof. **Dr. Antonio Wilson Sallum**, pela oportunidade de aperfeiçoar minha formação universitária.

À **Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP**, que me deu a formação necessária para ingressar na profissão de cirurgião-dentista.

À Profª. Drª. **Altair A. Del Bel Cury**, coordenadora dos cursos de Pós-Graduação da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela atenção durante todo o curso e pela utilização do Laboratório de Prótese Parcial Removível da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

À Profª. Drª. **Brenda Paula F. A. Gomes**, coordenadora do curso de Pós-Graduação em Clínica Odontológica da Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP, pela seriedade na condução do curso.

Ao Prof. Dr. **Simonides Consani**, pela atenção e ensinamentos passados em vários momentos de dificuldade e pela utilização do Laboratório de Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

Ao Prof. Dr. **Jaime Aparecido Cury**, pela utilização do Laboratório de Bioquímica Oral da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP.

Ao Prof. Dr. **Guilherme E. Pessanha Henriques**, pela amizade e convívio harmônico e pela utilização do rugosímetro.

Aos professores da Disciplina de Prótese Total da Faculdade de Odontologia de Araçatuba – UNESP, Profs. Drs. **Humberto Gennari Filho, Marcelo Goiato, Renato Fajardo e Wirley Assunção**, pelos ensinamentos básicos e incentivo para realização de pesquisas e ingresso na carreira universitária.

Ao técnico do laboratório de Materiais Dentários, **Marcos Blanco Cangiani**, pelas orientações em vários momentos da utilização dos aparelhos laboratoriais.

Às secretárias **Eliete Riguetto, Érica Pinho e Patrícia Tomaz**, pela atenção e dedicação.

Aos colegas de pós-graduação, que comigo compartilharam as alegrias e dificuldades desta caminhada: **Adérico, Alexandre, Almenara, Andréia, Daniela, Edwin, Frederico, Gilberto, Henrique, Joane, José Renato, Liliana, Manoel, Maurício, Mello, Rafael, Ricardo, Roberto, Samira, Sidney, Tatiana e Viviane**.

Especialmente aos amigos **Bruno e Marco Antônio**, pelo apoio e carinho em todos os momentos juntos e em todos os ensinamentos passados.

Às amigas **Andresa, Raquel e Roberta**, com quem convivi durante esta fase de minha vida e foram nada mais que minha família aqui.

À **FAPESP**, Fundação de Amparo à Pesquisa e Ensino do Estado de São Paulo, pelo apoio financeiro que possibilitou a realização deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos

“Os amigos são anjos que ajudam a colocar-nos em pé novamente quando nossas asas se esquecem como voar”

SUMÁRIO

RESUMO.....	01
ABSTRACT.....	03
1. INTRODUÇÃO.....	05
2. REVISÃO DE LITERATURA	
2.1. Resina Acrílica.....	11
2.2. Polimerização em Microondas.....	21
2.3. Polimento.....	30
2.4. Absorção de Água e Solubilidade.....	55
3. PROPOSIÇÃO.....	67
4. METODOLOGIA	
4.1. Materiais.....	69
4.2. Método	
4.2.1. Confecção das matrizes.....	71
4.2.2. Confecção das amostras	
4.2.2.1. Inclusão das matrizes.....	71
4.2.2.2. Preparo das amostras.....	72
4.2.2.3. Acabamento das amostras.....	74
4.2.2.4. Polimento das amostras.....	76
4.3. Ensaio de Rugosidade Superficial.....	80
4.4. Ensaio de Absorção de Água	
4.4.1. Dessecação das amostras.....	81
4.4.2. Mensurações.....	82
4.5. Ensaio de Solubilidade.....	84
4.6. Análise ao Microscópio Eletrônico de Varredura.....	85

5. RESULTADOS

5.1. Análise da Variância e Comparação de Médias Através do Teste de Tukey para os Ensaios de Solubilidade e Rugosidade Superficial.....	87
5.2. Análise da Variância e Comparação de Médias Através do Teste de Tukey e Análise de Regressão para o Ensaio de Absorção de Água.....	89
5.3. Imagens Obtidas da Análise em Microscópio Eletrônico de Varredura.....	98

6. DISCUSSÃO

6.1. Rugosidade Superficial.....	103
6.2. Absorção de Água.....	109
6.3. Solubilidade.....	117
6.4. Imagens Obtidas em M.E.V.....	120

7. CONCLUSÃO..... 123

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 125

APÊNDICE

Numeração das amostras.....	135
Resultados originais	
Leituras de Rugosidade Superficial.....	135
Mensurações das Dessecações.....	142
Mensuração da Área Superficial.....	144
Mensurações de Absorção de Água.....	144
Valores Percentuais de Absorção de Água e Solubilidade.....	146
Metodologia Estatística Inicial.....	148
Análise Exploratória dos Dados.....	150
Resultados da Análise Exploratória Considerando os Modelos Iniciais.	152
Metodologia Utilizada e Análise Exploratória dos Modelos Iniciais.....	156

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar a influência das técnicas de polimento (mecânico e químico), sobre as propriedades (rugosidade superficial, absorção de água, e solubilidade) de 4 resinas acrílicas ativadas termicamente. Foram confeccionadas 80 amostras, medindo 50mm de diâmetro e 0,5mm de espessura, divididas em 4 grupos: 1) resina Clássico (CL) - banho de água a $74 \pm 1^\circ\text{C}$ por 9h; 2) QC-20 (QC) - água em ebulição por 20min; 3) Acron MC (AC) - forno de microondas a 500W por 3min; e 4) Onda Cryl (ON) - forno de microondas por 3min a 40% da potência máxima, 4min à potência 0 e 3min a 60% da potência máxima. Após a polimerização e desinclusão, as amostras receberam acabamento. Em seguida, foram subdivididas em 2 grupos de polimento: 1) mecânico (PM) – pedra-pomes e água, com escova macia; branco de espanha e água, com roda de flanela, em torno de bancada, e 2) químico (PQ) – fluido para polimento, em polidora química. As leituras de rugosidade superficial foram realizadas em rugosímetro Surf Corder SE 1700. As amostras foram então submetidas à 1ª dessecação seguida de armazenagem em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ pelos períodos de: 1h, 1 dia, 1, 2, 3 e 4 semanas. Ao término de cada período, foi realizada a mensuração da absorção de água. Ao final das 4 semanas, foi realizada a 2ª dessecação para cálculo da solubilidade. Os dados obtidos foram analisados estatisticamente por Análise de Variância e aplicado o Teste de Tuckey. Os resultados médios obtidos para rugosidade superficial (μm), absorção de água (%) e solubilidade (%), respectivamente, foram: **CL-PM**: 0,0350, 1,92 e 0,02; **CL-PQ**: 0,2298, 1,98 e 0,52; **QC-PM**: 0,0307, 2,31 e -0,05; **QC-PQ**: 0,1792, 2,32 e 0,25; **AC-PM**: 0,0312, 2,45 e -0,07;

AC-PQ: 0,2700, 2,43 e 0,41; **ON-PM:** 0,0321, 2,32 e -0,06; **ON-PQ:** 0,2949, 2,34 e 0,27.

Estes valores permitiram concluir que: o polimento mecânico promoveu rugosidade superficial e grau de solubilidade significativamente menor em resinas acrílicas que o polimento químico; a absorção de água foi inicialmente maior nas amostras polidas quimicamente, mas ao final de 4 semanas, as proporções de absorção para todos os grupos foram semelhantes.

Palavras-chave: resina acrílica; microondas; polimento; rugosidade superficial; absorção de água; solubilidade.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the polishing (mechanical and chemical) methods influence on properties (surface roughness, water sorption and solubility) of 4 heat cured denture base acrylic resins. 80 samples were prepared, with 50mm diameter and 0,5mm thickness. They were divided in 3 groups: 1) Clássico resin (CL) – water bath at $74 \pm 1^{\circ}\text{C}$ for 9h; 2) QC 20 (QC) – boiling water for 20min; Acron MC (AC) – microwave oven at 500W for 3min; 4) Onda Cryl (ON) – microwave oven for 3min at 40% of greatest potency, 4min at 0 potency and 3min at 60% of greatest potency. After cured and deflasked, the samples were grounded and subdivided in 2 groups: mechanical polishing (PM) – pumice slurry, chalk powder, soft brush and felt cone, at a bench vise, and chemical one (PQ) – proper fluid at a chemical polisher. Surface roughness was measured in a Surf Corder SE 1700 rugosimeter. Thus, the samples were submitted to a first desiccation process followed by storage at $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ distilled water for 1h, 1 day, 1, 2, 3 and 4 weeks. Concluding each period, it was conducted the water sorption measurement. In the end of the fourth week, a second desiccation process was done to calculate the solubility values. Data collected were statistically analyzed by Variance Analysis followed by Tuckey's Test. Means of surface roughness (μm), water sorption (%) and solubility (%), respectively, were: **CL-PM**: 0,0350, 1,92 e 0,02; **CL-PQ**: 0,2298, 1,98 e 0,52; **QC-PM**: 0,0307, 2,31 e -0,05; **QC-PQ**: 0,1792, 2,32 e 0,25; **AC-PM**: 0,0312, 2,45 e -0,07; **AC-PQ**: 0,2700, 2,43 e 0,41; **ON-PM**: 0,0321, 2,32 e -0,06; **ON-PQ**: 0,2949, 2,34 e 0,27. It could be concluded that mechanical polishing promoted surface roughness and solubility of acrylic resins values significantly lowers than chemical polishing; besides the higher water

sorption at chemically polished samples initially, after 4 weeks of storage the water sorption proportions for all groups were similar.

Key words: acrylic resin; microwave; polishing; surface roughness; water sorption; solubility.

1. INTRODUÇÃO

Mesmo com a grande evolução da Odontologia nestas últimas décadas, considerando as opções de tratamento clínico preventivo e curativo disponíveis para o cirurgião-dentista, ainda encontramos pacientes necessitando de reposição de elementos dentais perdidos, seja pela confecção de próteses unitárias, parciais fixas ou removíveis, e aparelhos protéticos totais.

Particularmente em relação às próteses totais, o material mais utilizado na sua confecção é a resina acrílica. Este material começou a ser utilizado na década de 30 em substituição à vulcanite, tornando-se, a partir de então, o principal material empregado em todo o mundo para tal finalidade. Embora as propriedades das resinas acrílicas não sejam algumas vezes consideradas ideais, apresentam uma combinação de características desejáveis que as tornam aceitáveis. A principal resina empregada é o polimetilmetacrilato, que se caracteriza por ser resistente; possuir propriedades ópticas satisfatórias, imitando a aparência dos tecidos bucais; apresentar baixa absorção de água e solubilidade aos fluidos bucais; e boa estabilidade dimensional. Sua manipulação é rápida e fácil, requerendo equipamento simples e de baixo custo (ARAÚJO *et al.*, 1972). VAN NOORT, em 1995, acrescentou ainda outras características como: alta resistência, rigidez, dureza e tenacidade;

baixa densidade; reprodução de detalhes superficiais; ausência de odor, gosto ou liberação de produtos tóxicos; fácil reparo e limpeza e boa vida útil.

Quanto ao tipo de ativação, dividem-se em três grupos: ativadas quimicamente, ativadas termicamente e ativadas por luz visível. Em relação às técnicas de polimerização, há grande variação entre tempo e temperatura utilizados. Basicamente, as resinas ativadas quimicamente passam por um processo de reação de polimerização após a mistura do monômero (líquido) com o polímero (pó), em temperatura ambiente. Para as resinas ativadas termicamente, a reação de polimerização também tem início durante a mistura, mas só se completa pelo aquecimento desta mistura em banho de água ou através da energia de microondas (PHILLIPS, 1993).

As polimerizações por ativação química e térmica convencional foram bastante estudadas e já estão consagradas. Entretanto, a utilização da energia de microondas para polimerização é uma técnica relativamente recente quando comparada às demais, sendo considerada viável, visto que suas características de praticidade, economia de tempo e maior limpeza incentivam a realização de mais pesquisas a respeito de suas propriedades físicas, químicas e mecânicas.

Em 1968, NISHII publicou os primeiros relatos sobre a utilização da energia de microondas para a polimerização de resinas acrílicas para bases de próteses totais, seguido por GETTLEMAN *et al.*, em 1977; KIMURA *et al.*, em 1983; DE CLERK, em 1987.

Segundo KIMURA *et al.*, em 1983 e TURCK & RICHARDS, em 1993, para a técnica de polimerização em microondas são necessárias muflas de teflon próprias, pois a superfície das muflas metálicas reflete as microondas. TURCK & RICHARDS seguiram

Introdução

contra-indicando a utilização desta técnica para polimerização de sistemas abertos, como jigs ou bases de prova. Todos os autores concordam quando afirmam serem três os fatores mais importantes que viabilizam a escolha dessa técnica: limpeza durante os procedimentos, economia de tempo, e aquecimento homogêneo do gesso e resina, diminuindo tensões e reduzindo distorções, fato relatado por **RODRIGUES – GARCIA & DEL BEL CURY**, em 1996.

Todos os passos laboratoriais, desde proporcionamento, manipulação, inclusão da resina acrílica, polimerização, acabamento e polimento da prótese são fundamentais durante a confecção da mesma. Isto foi comprovado por **ULUSOY *et al.***, em 1986, quando destacaram os procedimentos de acabamento e polimento como etapas importantes para a obtenção de sucesso na confecção de próteses ou restaurações em resina acrílica, onde um dos primeiros requisitos é uma superfície lisa e altamente polida, o que contribui para o conforto do paciente e longevidade da restauração ou prótese. Os autores afirmaram que para um bom resultado estético, higiene bucal e baixa retenção de placa, a superfície da prótese deve ser a mais lisa possível.

Considerando a importância desta superfície polida, estudos microbiológicos conduzidos em superfícies de resina acrílica concluíram que a prótese pode funcionar como um reservatório, onde as irregularidades superficiais aumentariam a probabilidade de microorganismos remanescerem sobre tal superfície mesmo após a prótese ter sido limpa (**VERRAN & MARYAN**, 1997).

Avaliando a efetividade de várias técnicas mecânicas convencionais de acabamento e polimento sobre a diminuição da rugosidade superficial das resinas acrílicas,

Introdução

ULUSOY *et al.*, em 1986, concluíram que os melhores resultados decorreram da utilização seqüencial de pedras abrasivas, discos de lixa abrasivos, pasta de pedra-pomes e água em roda de feltro, e pasta de pó de giz e água em escova macia rotatória, desde que nenhum passo fosse negligenciado.

Uma outra opção surgiu quando GOTUSSO, em 1969, apresentou um novo método para o polimento das resinas acrílicas denominado polimento químico. Esta técnica elimina a utilização da seqüência de polimento, sendo necessários apenas os passos de acabamento da resina acrílica. Consiste basicamente na imersão da prótese em monômero aquecido. Alguns trabalhos foram conduzidos nos últimos anos analisando os efeitos do polimento químico sobre as propriedades da resina acrílica (ARAÚJO *et al.*, 1972; NAGEM FILHO *et al.*, 1973; BOMBONATTI *et al.*, 1975; STOLF *et al.*, 1985, 1986 e 1994).

Há alguns anos foi lançada no mercado uma máquina para a realização da técnica de polimento químico (Termotron). Entretanto, o procedimento para a realização do polimento nesta máquina diferia da técnica original. Na técnica mais recente, a imersão da resina acrílica é realizada em monômero específico para o polimento químico, aquecido à temperatura de $75 \pm 1^\circ\text{C}$, durante apenas 10 segundos.

Após todo o processo de confecção de uma prótese, passam a ser observadas as propriedades que a mesma apresenta, estando entre elas a ocorrência da absorção de água pela resina acrílica. Acredita-se que esta absorção esteja intimamente relacionada com o método de polimerização, visto que a mesma ocorre devido ao preenchimento por água das lacunas entre as cadeias poliméricas presentes na estrutura da resina acrílica após a

Introdução

polimerização. Também as características de superfície da prótese são importantes, pois determinam o grau de contato entre esta superfície e a água.

PHILLIPS, em 1993, citou que a introdução de moléculas de água na massa polimerizada produz dois importantes efeitos: primeiro, causa ligeira expansão desta massa polimerizada; segundo, as moléculas de água interferem no entrelaçamento da cadeia polimérica e portanto agem como plastificador, o que facilita o fluxo de longas cadeias poliméricas e assim compromete a resistência mecânica do material.

As pesquisas a respeito da absorção de água das resinas acrílicas para base de prótese têm sido focadas em seu relacionamento com a estabilidade dimensional. Sabe-se que a absorção de água pelas bases de prótese em resina acrílica aumenta sua dimensão. A expansão da base da prótese durante a absorção de água e sua contração durante a secagem podem resultar no empenamento da prótese, e desse modo um grau muito alto de absorção de água não é desejável para a resina acrílica (**TAKAHASHI et al.**, 1998). A absorção de água é tida muitas vezes como responsável pela diminuição da vida útil do material.

Assim, **RIZZATI – BARBOSA et al.**, em 1995, citaram em seu trabalho que, quando associado à propriedade de absorver água, o processamento por energia de microondas pode aumentar a adaptação das próteses após sua polimerização. **TAKAHASHI et al.**, em 1998, relataram também o fato de que a quantidade de água absorvida depende do tipo de material e sua espessura. Materiais que apresentam um grande número de ligações cruzadas geralmente exibem um grau mais baixo de absorção de água quando comparados aos materiais sem ligações cruzadas. Bases de próteses espessas

Introdução

comparadas às bases delgadas levam tempo maior para absorver água, até que alcancem equilíbrio deste processo de absorção.

São necessários estudos relacionados aos métodos alternativos de tratamento da resina acrílica, como é o caso do polimento químico, e suas propriedades, para que os mesmos possam ser empregados com segurança e confiabilidade. E a associação desses métodos merece ser mais estudada para que seja convalidada ou não sua eficácia. Este é o interesse que motivou a realização do presente estudo, além da contribuição para com a continuidade dessas pesquisas e embasamento para outras subseqüentes.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. RESINA ACRÍLICA

HARMAN & PITTSBURGH, em 1949, estudaram os efeitos do tempo e temperatura de polimerização da resina acrílica para bases de prótese sobre alteração dimensional, aumento do peso por absorção de água e resistência transversa. Foram confeccionadas amostras para cada ensaio realizado, submetendo-as a três ciclos de polimerização em banho de água aquecida: a) 71°C por 2h e 30min; b) 1h a partir da temperatura ambiente até 100°C e em ebulição por 15min, e c) 71°C por 2h e 30min e em ebulição por 15min. As amostras foram seccionadas em duas partes iguais, uma foi colocada em água destilada a 37°C e outra em dessecador em temperatura ambiente. As amostras para os ensaios de alteração dimensional e absorção de água foram mensuradas em microscópio comparador e pesadas a cada dia na primeira semana, a cada semana no primeiro mês, a cada mês nos primeiros seis meses e em intervalos iguais ao longo de 19 meses. Considerando que a temperatura que influencia as propriedades físicas da resina é a mesma ocorrida durante a polimerização, e não a temperatura da água, molde ou prensa,

para o ensaio de resistência transversa as amostras foram confeccionadas contendo pares termoeletricos acoplados para que as alterações de temperatura fossem registradas. As dimensões e os padrões para a realização do ensaio seguiram a especificação nº12 da A.D.A. (American Dental Association). Os resultados das alterações dimensionais ocorridas não diferiram estatisticamente quando comparados os métodos de polimerização. Quanto à armazenagem em água, todas as amostras se comportaram de modo similar, ganhando peso durante a primeira semana e atingindo o peso máximo após 14 dias, praticamente mantido até o final do experimento. As amostras armazenadas no dessecador seguiram padrão similar, porém inverso, perdendo peso e apresentando alteração dimensional cinco vezes maior que as armazenadas em água. Os resultados de resistência transversa mostraram que o primeiro ciclo citado não foi suficiente para polimerizar efetivamente a resina acrílica em amostras com 3mm de espessura.

SKINNER, em 1951, publicou um artigo onde relacionou as propriedades físicas e da manipulação das resinas acrílicas para base de prótese. O autor iniciou salientando que a notável clareza, alta resistência e dureza, estabilidade de cor e insolubilidade aos fluidos bucais da resina acrílica caracterizam juntas um excelente material para uso protético. Entretanto, o polimetilmetacrilato possui duas propriedades que constituem desvantagens ao seu uso, que são extensa contração de polimerização e absorção de água. Estes fatores não condenam seu uso, mas atenta-se para o fato de que o aumento na dimensão da prótese durante sua imersão em água ou saliva nem sempre compensa a contração de polimerização e, portanto, uma certa perda de estabilidade dimensional deve ser aceita como uma das desvantagens da resina acrílica para base de

prótese. Foram citados alguns detalhes relativos ao processamento de próteses que podem ser muitas vezes causas de falhas e alguns métodos para tentar minimizá-las. Dentre eles estão: a resina deve ser incluída quando a massa resultante da mistura pó/líquido atingir a fase plástica, se for incluída antes resultará em uma base de prótese repleta de porosidades, e se for incluída mais tarde, a plasticidade da massa estará diminuída de modo a impedir a moldagem apropriada do local referente à base da prótese; a polimerização em banho de água deve ser feita aumentando-se a temperatura da mesma gradualmente até a ebulição ou em um ciclo de longo tempo a uma temperatura mais baixa, isto para evitar a ocorrência de porosidades e grandes distorções; e, finalmente após a polimerização ter se completado, deve-se deixar o conjunto esfriando em temperatura ambiente antes da abertura da mufla.

GETTLEMAN *et al.*, em 1977, examinaram várias condições de polimerização a fim de minimizar o tempo de processamento e maximizar as propriedades físicas de quatro materiais para base de prótese, todas resinas ativadas termicamente. Os métodos de polimerização utilizados foram: a) forno convencional a 220°C por 45min; b) panela de pressão a 135°C e 25p.s.i. por 45min, utilizando como meio de imersão cloreto de sódio 20% ou glicerina; c) autoclave a 121°C e 25p.s.i. por 15, 22 e 30min, dependendo da resina; d) forno de microondas por 4, 5, 6 e 7min, 30BTU/min. Os autores concluíram que a polimerização em forno convencional produz boas propriedades de resistência, com considerável grau de porosidade em um período relativamente curto de tempo; a utilização de panela de pressão oferece poucas vantagens devido ao tempo necessário para produzir materiais com boas propriedades; a autoclave é uma boa opção, polimerizando consistentemente as resinas acrílicas em 30min, método que promoveu os melhores

resultados (61MPa de resistência à tração); o forno de microondas oferece economia de tempo de até 90%, sendo que pequenos aumentos no tempo de polimerização causam grandes melhoras nas propriedades dos materiais, os melhores resultados foram obtidos com o ciclo de 6min. Relataram propriedades de resistência reduzidas em contraste a microestruturas densas e não porosas com curtos períodos de tempo no microondas. Destacam a necessidade de se colocar um recipiente com água dentro do forno de microondas para evitar o superaquecimento do tubo de magnetron durante a realização dos ciclos de polimerização. E ainda que nos polímeros com pérolas grandes, o diâmetro e o volume dos poros são predominantemente determinados pelas condições de inclusão e não de polimerização.

JAGGER, em 1978, investigou o efeito de ciclos de polimerização da resina acrílica sobre suas propriedades químicas e mecânicas. A resina utilizada foi Kallodent 333 e monômero sem agentes de ligação cruzada. As amostras foram submetidas a quatro ciclos: 1) 7h a 70°C; 2) 14h a 70°C; 3) 1h a 100°C; e 4) 7h a 70°C + 1h a 100°C. Para estudar a estrutura do polímero, as amostras foram polidas e imersas em ácido nítrico a 81% por 5s, lavadas e secas, e só então examinadas e fotografadas através da lente Zeiss Ultraphot. O autor avaliou a viscosidade da solução entre o polímero e um solvente; a quantidade de monômero residual; a distribuição do peso molecular; dureza e resistência transversa. Amostras de 38 x 38 x 1,32mm polidas até a granulação 600 foram utilizadas para o ensaio de absorção de água, registrando a alteração de peso da amostra, após um processo de dessecação e subsequente imersão em água destilada a 37°C, com pesagens a cada 15min na primeira hora, a cada hora nas primeiras 4h e posteriormente a cada 24h até

atingir o equilíbrio. Os resultados permitiram ao autor as seguintes conclusões: não houve correlação entre ciclo de polimerização e estrutura do polímero; o ciclo de 7h a 70°C mais 1h a 100°C produziu amostras com o maior grau de polimerização, e a maior taxa de absorção de água (2,55%); o ciclo de 7h a 70°C produziu o maior conteúdo de monômero residual, com a menor taxa de absorção (2,31%); o ciclo de 1h a 100°C produziu a maior concentração de cadeias de baixo peso molecular e o ciclo de 14h a 70°C, a menor fração de cadeias poliméricas de baixo peso molecular; o ciclo de 7h a 70°C mais 1h a 100°C produziu maior dureza, resistência transversa e absorção de água, mostrando correlação entre presença de monômero residual e estas propriedades, sugerindo que a concentração de monômero residual é o parâmetro mais importante na determinação das mesmas. O autor finalizou sugerindo o ciclo de 7h a 70°C mais 1h a 100°C para a produção de melhor dureza e resistência à tração, sendo que esta baixa temperatura inicial evita a ocorrência de porosidade, garantindo a obtenção de cadeias poliméricas de alto peso molecular, e o subsequente período de polimerização a 100°C reduz a quantidade de monômero residual rapidamente.

HARRISON *et al.*, em 1978, investigaram o efeito da adição de agente de ligação cruzada (etileno glicol dimetacrilato) na resistência à abrasão e ao impacto de resinas acrílicas utilizadas como base para próteses totais. Foram preparadas amostras de dimensões diferentes para os dois ensaios, ambos utilizando a resina ativada termicamente Kallodent 333, contendo agente de ligação cruzada em concentrações que variaram de 0 a 100% de volume do monômero, polimerizada em banho de água aquecida. Havia 10 amostras para cada concentração de agente de ligação cruzada e para cada ensaio a ser

realizado, sendo que todas permaneceram armazenadas em água por 30 dias antes da realização dos ensaios. Os resultados demonstraram que a adição de agentes de ligação cruzada e suas diferentes concentrações não causaram diferença quanto à resistência à abrasão da resina acrílica nos diferentes grupos, o mesmo acontecendo quanto à resistência ao impacto, com exceção dos grupos de concentração de 40 e 80% de agente de ligação cruzada, que diferiram estatisticamente entre si nesta propriedade.

FARAJ & ELLIS, em 1979, realizaram um estudo para avaliar as alterações de temperatura ocorridas durante o processamento das resinas acrílicas ativadas química ou termicamente, comparando-as quanto à presença de poros, alteração dimensional, absorção de água e módulo de elasticidade. Para verificar a temperatura durante a polimerização, pares termoeletrônicos foram colocados em três posições padronizadas: próximo à parede da mufla; próximo à superfície da resina; no centro da massa de resina. As temperaturas de polimerização para a resina ativada termicamente foram de 70°C e 100°C. A densidade das amostras foi determinada por peso em ar e em água a $21 \pm 1^\circ\text{C}$ logo após a desinclusão e após condicionamento de peso em dessecador. As alterações dimensionais foram mensuradas através das dimensões de círculos marcados no gesso. A resina ativada quimicamente atingiu a temperatura máxima de 25°C em amostras de 2,5mm de espessura 40min após sua manipulação, e 37°C em amostras de 8mm após 65min. Houve maior demora na polimerização da resina ativada termicamente no centro das amostras, comparado à região externa. Quanto à porosidade, as amostras submetidas à temperatura de 70°C não apresentaram porosidade, o mesmo não ocorrendo com aquelas polimerizadas a 100°C, que evidenciaram porosidade quando a temperatura exotérmica ficou próxima a

135°C. A alteração dimensional (contração) foi de 0,53% para as resinas termoativadas e 0,26% para as quimicamente ativadas. Os autores relataram que o módulo de elasticidade deve ser mensurado em amostras armazenadas em água a 37°C, tendo em vista que tanto a temperatura quanto a absorção de água reduzem seus valores. Também deve ser observado tempo suficiente para que os materiais atinjam o equilíbrio de absorção de água (33 dias para corpos-de-prova com 2,5mm a 37°C) antes da realização do ensaio de deflexão, sendo que as porcentagens de absorção de água até atingir o equilíbrio foram de 2,9% para resina termoativada e 2,5% para resina quimicamente ativada.

PHILLIPS, em 1993, no capítulo em que abordou as características e propriedades das resinas acrílicas para bases de prótese, iniciou referindo-se ao tipo de ativação das resinas acrílicas. Citou que as mesmas dividem-se em três grupos: ativadas quimicamente, ativadas termicamente e ativadas por luz visível. Em relação às técnicas de polimerização, há grande variação entre tempo e temperatura utilizados. Basicamente, as resinas ativadas quimicamente passam por um processo de reação de polimerização após a mistura do monômero com o polímero, em temperatura ambiente. Para as resinas ativadas termicamente, a reação de polimerização também tem início durante a mistura, mas só se completa pelo aquecimento da mistura em banho de água ou através da energia de microondas. Dentre as propriedades das resinas acrílicas, especificamente sobre a propriedade de absorver água o autor relatou que a introdução de moléculas de água na massa polimerizada produz dois importantes efeitos: causa ligeira expansão da massa polimerizada e as moléculas de água interferem no entrelaçamento da cadeia polimérica,

agindo portanto como plastificador, o que facilita o fluxo de longas cadeias poliméricas e assim compromete a resistência mecânica do material.

VAN NOORT, em 1995, comentou que diversos materiais já foram utilizados para a construção de bases de próteses totais, tais como: celulose, bakelite, resinas vinílicas e vulcanite. O autor citou quais seriam os critérios para o material para base de prótese ser considerado ideal: aparência natural; fácil manipulação; alta resistência, rigidez, dureza e tenacidade; baixa densidade; estabilidade dimensional e reprodução apurada de detalhes superficiais; ausência de odor, gosto ou produtos tóxicos; resistência à proliferação bacteriana; resistência à absorção de fluidos bucais; boa condutividade térmica; boa retenção a outros polímeros, porcelanas e metais; radiopacidade; facilidade de reparo e limpeza; tempo de vida útil adequado; e baixo custo. Em relação a sua composição e estrutura, afirmou que a polimerização ocorre por adição de radicais livres para formar o polimetilmetacrilato a partir do metilmetacrilato. No monômero é utilizada a hidroquinona como inibidor de polimerização, evitando a formação espontânea de radicais livres e conseqüentemente o início da polimerização. O peróxido de benzoíla, presente no polímero, é acrescentado como iniciador da polimerização. Um agente de ligação cruzada, o dietileno glicol metacrilato, é adicionado para melhorar as propriedades mecânicas. Acrescentou ainda que a proporção pó/líquido deve ser rigorosamente seguida, sendo que muito pó pode resultar em massa ressecada, com molhamento deficiente do polímero pelo monômero, resultando em um material quebradiço. Muito monômero produz excessiva contração de polimerização e perda da qualidade de assentamento. É importante que uma consistência adequada de massa seja obtida na prensagem para assegurar que o material se mantenha sob

pressão durante o processamento. Isto eliminaria os vazios incluídos na mistura e poderia compensar a contração de polimerização. Na polimerização, há uma reação exotérmica que pode fazer com que aconteça a ebulição do monômero se a temperatura exceder 100°C. Se esta temperatura for atingida antes do processo de polimerização terminar, o monômero se gaseifica gerando porosidade. A quantidade de calor gerada depende do volume de resina presente, da proporção pó/líquido e da rapidez com que o calor externo atinge a resina. A ocorrência de porosidade pode ser evitada permitindo que a temperatura se eleve devagar e de modo controlado. Deste modo pode-se concluir que a polimerização deve ocorrer lentamente e sob pressão.

Diante de algumas dúvidas a respeito da alteração dimensional das resinas acrílicas em próteses totais, **KIMPARA & MUENCH**, em 1996, analisaram a influência de algumas variáveis de processamento, tais como: tempo pós-prensagem; fase da resina na prensagem; tempo de imersão pós-polimerização; e localização dos dentes artificiais. As amostras utilizadas foram próteses totais com medidas padronizadas. Durante o processamento das amostras, as variáveis incluíram: prensagem da resina nas fases borrachóide, plástica ou pegajosa; polimerização imediata ou 24h após a prensagem; mensuração imediata, com 2 e 8 semanas de imersão em água; vários locais de mensuração das alterações. Os resultados mostraram que todas as condições levaram à maior ou menor contração, sendo que o valor médio girou em torno de 0,19%. A análise dos resultados em relação às variáveis permitiu concluir que: a polimerização realizada imediatamente após a prensagem ou 24h após, não influenciou a quantidade de contração da resina, a não ser quando observada sua interação com os fatores locais de mensuração e fase da resina. Já a

variável fase da resina na prensagem teve influência significativa, sendo o maior valor de contração encontrado para a fase borrachóide e o menor para a pegajosa, estas diferindo estatisticamente entre si, já a fase plástica apresentou valores médios e não diferiu estatisticamente das outras fases. O fator local foi altamente significativo, embora as alterações não tenham sido proporcionais às distâncias dos locais mensurados. E outro fator bastante significativo foi o tempo de imersão da resina em água após seu processamento, sendo que os valores de contração encontrados foram: 0,22% após desinclusão, diminuindo para 0,18% com duas semanas de imersão e 0,17% com oito semanas, ressaltando que apenas os valores para duas e oito semanas não diferiram estatisticamente. Estes resultados mostraram que parte da contração é recuperada pela expansão provocada pela absorção de água durante a imersão. Tal fenômeno sugere que as próteses quando fora da cavidade bucal, não deveriam ficar expostas ao ar.

SHERIDAN *et al.*, em 1997, preocupados com a biocompatibilidade de novos materiais presentes no comércio, estudaram a presença de resinas para base de próteses totais em culturas contendo fibroblastos gengivais humanos, analisando seu efeito sobre a viabilidade dessas células. Foram utilizados três tipos de resina acrílica: ativada termicamente convencional (Lucitone 199), para microondas (Acron MC) e ativada quimicamente (Lucitone). Foram imersas em cultura cinco amostras de cada tipo de resina, e as avaliações realizadas após 24, 48, 72 e 96h, sendo que para cada tempo havia uma placa de cultura com amostras exclusivas. O efeito do contato da resina na cultura era comparado com culturas intactas, sem resina. Os resultados mostraram que em todos os períodos as três resinas liberaram material citotóxico aos fibroblastos, podendo ser

metilmetacrilato, ácido benzóico e/ou formaldeído. Em todos os períodos a resina ativada quimicamente foi mais citotóxica que as demais. A resina Acron MC, quando comparada à Lucitone 199, foi menos citotóxica nas primeiras 24h, embora não tenham diferido estatisticamente. Já nos períodos seguintes, permaneceu intermediária entre as duas resinas ensaiadas, sendo significativamente mais citotóxica que a Lucitone 199 apenas no período de 96h. A citotoxicidade diminuiu com o tempo, sendo que o período de menor efeito citotóxico foi o de 96h.

2.2. POLIMERIZAÇÃO EM MICROONDAS

NISHII, em 1968, iniciou estudos sobre o método de polimerização através da energia de microondas, o qual foi chamado de “método de polimerização dielétrica”. Tratava-se de um método imediato e homogêneo, caracterizado pelo aquecimento tanto da superfície quanto da parte interna da resina, de maneira rápida e uniforme. O trabalho foi conduzido para observar a formação de porosidade e os efeitos sobre as propriedades físicas de absorção de água, dureza, resistência à tração, resistência transversa, deflexão transversa, repetição de deflexão transversa, resistência de retenção de dentes artificiais, e adaptabilidade de bases de prótese. Foi utilizada uma resina ativada termicamente convencional para a confecção de amostras com dimensões de 65 x 13 x 9mm. Para o ensaio de porosidade as amostras foram polimerizadas por 9min em muflas metálicas com diferentes padrões de perfuração para permitir a passagem das microondas. Embora a formação de porosidade tenha sido geralmente grosseira, o tipo de mufla que possuía o

maior número de perfurações, tanto laterais quanto superior e inferior, foi o que produziu amostras com número reduzido de poros restritos a algumas regiões, por isso foi considerada a mais satisfatória. Este modelo de mufla também permitiu a obtenção do melhor grau de polimerização. Para a realização dos outros ensaios, as amostras foram irradiadas por 9, 10, 11 e 12min, acrescentando como controle um grupo polimerizado em banho de água aquecida. Para os ensaios de absorção de água, resistência à tração, resistência transversa, deflexão transversa e repetição do mesmo foram utilizadas amostras com as seguintes dimensões: 65 x 13 x 2,5mm. A polimerização por microondas não afetou a absorção de água quando comparamos 24h e 24 dias de armazenagem, produzindo resultados semelhantes aos da polimerização convencional. Os resultados de dureza para amostras secas e úmidas polimerizadas em microondas foram semelhantes aos grupos controle, sendo os valores das secas mais altos. Os valores de resistência à tração, da polimerização em microondas, foram de 92 a 99% dos valores para polimerização convencional, o que valeu também para resistência transversa e deflexão transversa. Para a repetição deste último ensaio, os maiores valores de histérese elástica, deflexão e deformação permanente ocorreram no terceiro processamento. A resistência de retenção de dentes artificiais foi maior em dentes plásticos, seguidos pelos dentes de porcelana retidos a pino e por último os comuns de porcelana, sendo que o ciclo de 12min no microondas foi o mais favorável, igualando-se ao controle. Quanto à adaptação das bases, os dois tipos de polimerização mostraram resultados semelhantes. O autor concluiu que para diminuir a porosidade, é preciso diminuir a energia de alta frequência, e que as propriedades físicas das resinas irradiadas por 11min foram tão satisfatórias quanto às polimerizadas em banho de água aquecida. Citou como principais méritos da polimerização por energia de

microondas: a economia de tempo e o aquecimento rápido e homogêneo da massa da resina.

KIMURA *et al.*, em 1983, avaliaram a polimerização de resinas termicamente ativadas em diferentes proporções através de método de energia de microondas. Foram utilizados nas amostras dentes artificiais de resina ou de porcelana e inseridos grampos de Co-Cr com 0,9mm de diâmetro. Foram confeccionadas amostras pesando: 7, 15 e 21g, e submetidas à irradiação durante períodos variando de 5 a 40s, para que o tempo necessário para a resina atingir a fase plástica fosse avaliado. As potências utilizadas para polimerização da resina foram: 200W e 500W. Numa segunda fase, foram confeccionadas amostras para testar diferentes tempos de polimerização (2 a 15min). Foi avaliada a estabilidade dimensional das bases das próteses polimerizadas com energia de microondas e comparadas ao método de banho de água (elevando a temperatura a 100°C em 60min e mantendo-a em ebulição por 30min) e dos moldes em gesso tipo III (30 x 50mm), após serem submetidos à irradiação em microondas por 0,5 a 20min e esfriados em temperatura ambiente. Os autores afirmaram que, em temperatura ambiente, a mistura monômero/polímero atingia a fase plástica em torno de 20 a 30min, e com o uso de microondas este tempo era bem menor (de 20 a 40s), ficando a mistura mais homogênea; e que quanto maior o peso da mistura monômero/polímero, maior o tempo necessário para que atingisse a fase plástica; que a polimerização efetiva com ausência de porosidades foi possível com 3min de aquecimento em forno de microondas e esfriamento em temperatura ambiente; a adaptação das bases de próteses polimerizadas por energia de microondas foi melhor que aquelas polimerizadas em banho de água aquecida, sendo este fator justificado

pelo aquecimento homogêneo da massa de resina acrílica e do molde em gesso; que os dentes de resina acrílica e de porcelana não sofreram fratura, assim como a cor das resinas não se alterou quando as amostras foram submetidas à energia de microondas; que os moldes em gesso tipo III não sofreram nenhuma alteração dimensional quando submetidos à irradiação; que em relação à porosidade, as amostras polimerizadas por 3min e esfriadas em temperatura ambiente, de 1,5 e 3mm de espessura não apresentaram porosidades, já amostras de 10mm de espessura, quando seccionadas, apresentaram concentração de poros em sua região central interna; e que os grampos de Co-Cr não alteraram a polimerização nem induziram a ocorrência de porosidade nas amostras.

DE CLERCK, em 1987, fez uma avaliação do uso do microondas para a polimerização de resinas acrílicas em próteses dentais. Neste estudo, o autor descreveu a seqüência dos procedimentos de confecção de uma prótese utilizando a técnica do microondas e abordou uma série de características relativas ao uso desse aparelho que pudessem ser duvidosas ou ainda não definidas. Concluiu que: é permissível a colocação de metal no interior da porção de resina a ser polimerizada em microondas, sem que este impeça ou retarde sua polimerização; maior quantidade de resina não requer acréscimo de tempo para polimerização; podem ser realizados reparos, havendo adesão satisfatória da nova resina à já polimerizada; as muflas a serem utilizadas não podem ser metálicas, evitando reflexão das microondas, devendo ser de algum outro material que permita a passagem das microondas, como resina, cerâmica de alta resistência ou vidro modificado; para a inclusão pode ser usado tanto o gesso quanto silicone; a polimerização em microondas é afetada pelo volume de gesso usado na inclusão, quantidade de água contida

neste gesso, proporção pó/líquido da resina, condutividade térmica da mufla e translucência às microondas do material da mufla; os níveis de monômero residual após polimerização em microondas são excepcionalmente mais baixos que após a polimerização convencional; a resistência ao impacto de amostras polimerizadas em microondas não diferiu estatisticamente das polimerizadas convencionalmente. O autor finalizou afirmando que a técnica de polimerização em microondas tem as grandes vantagens de economizar tempo e dinheiro no processamento de próteses, permitir a obtenção de estruturas em resina com um nível de monômero residual bem menor e com propriedades físicas semelhantes às polimerizadas convencionalmente, sendo para isso necessárias muflas especiais e um forno de microondas programável.

TRUONG & THOMASZ, em 1988, realizaram uma comparação entre resinas acrílicas polimerizadas em água fervente ou por energia de microondas. As propriedades físicas selecionadas para comparação foram: resistência transversa, dureza, absorção de água e perda de massa por lixiviação. As resinas utilizadas para o ensaio de porosidade foram: Trevalon, QC 20, Vertex RS e Ivocryl. Para os demais ensaios, foi utilizado apenas a Trevalon. Para a polimerização em água fervente foi utilizado ciclo curto em todos os casos, com 20min de aquecimento e 10min de água em ebulição. Para a polimerização em microondas foram utilizados quatro ciclos: 90W/13min; 90W/24min; 90W/30min e 60W/6min + 90W/6min, todos precedidos por pré-polimerização de 90W por 1min para que a resina atingisse a fase plástica antes da prensagem e uma pós-polimerização a 500W por 2min. As amostras confeccionadas para o ensaio de porosidade de todas as resinas foram submetidas aos ciclos citados, cada um constituindo um grupo, mas as amostras em

Trevalon, destinadas aos demais ensaios foram submetidas apenas ao primeiro de microondas. Todos os ensaios foram conduzidos seguindo o Padrão Australiano 1043-1971 para resinas acrílicas para base de prótese. Os resultados não diferiram estatisticamente entre os grupos para resistência transversa e dureza. A concentração de monômero residual liberado foi um pouco mais elevada para amostras polimerizadas em água fervente. Para absorção de água, os valores excederam sensivelmente o limite de 30mg proposto pelo Padrão Australiano, usando molde em gesso, mas quando a resina foi prensada em molde metálico, o valor médio foi de 19,6mg de água. Foi encontrada porosidade em uma amostra espessa de resina QC 20 polimerizada em água fervente, e nas amostras espessas polimerizadas no primeiro ciclo proposto para microondas. Para prevenção máxima de ocorrência de porosidade, foi sugerido o ciclo de polimerização de 60W/6min + 90W/6min e pós-polimerização de 500W/2min.

Diante do receio de muitos profissionais em empregarem efetivamente a energia de microondas na polimerização de resinas acrílicas para próteses dentais, **TURCK & RICHARDS**, em 1993, publicaram um artigo descrevendo as técnicas de utilização do microondas em reparos e reembasamento de próteses totais ou parciais removíveis. O ciclo indicado pelos autores foi de 13min a 90W seguidos de 1½min a 500W e esfriamento em bancada por 30min. Os passos laboratoriais para tais técnicas eram basicamente os mesmos que para a técnica convencional, com exceção do tipo de mufla e da polimerização em forno de microondas. Os autores citaram como vantagens da utilização do microondas: (1) os procedimentos para inclusão da prótese são praticamente iguais ao método convencional por compressão; (2) o tempo de processamento é mais curto; (3) o tempo de polimerização mais

curto minimiza o risco de distorção da resina original; (4) a resina acrílica incluída mantida sob pressão e ativada termicamente é mais resistente que a resina ativada quimicamente; (5) as muflas são duráveis e o processo de desinclusão, simples; (6) são poucos os novos equipamentos ou instrumentais necessários ao laboratório; (7) a montagem desta nova técnica tem baixo custo. Entretanto, citaram algumas desvantagens: (1) necessidade de muflas especiais; (2) forno de microondas com voltagem regulável e prato giratório; (3) apenas monômeros próprios para microondas deveriam ser usados, embora a maioria dos polímeros com *cross-link* pudessem ser usados; (4) um pouco mais de tempo gasto com os procedimentos de inclusão quando comparado às técnicas que não utilizam inclusão. Os autores concluíram que os procedimentos de reparo e reembasamento podem ser perfeitamente realizados em microondas, com maior facilidade e economia de tempo, originando próteses mais resistentes e com vida mais longa.

ILBAY *et al.*, em 1994, conduziram um estudo com o objetivo de verificar a possibilidade de utilizar uma resina convencional com a técnica de polimerização em microondas e as propriedades dos produtos resultantes. Para isso utilizaram a resina Meliodent, muflas de teflon, forno de microondas de 2450MHz de frequência e 550W de potência. Foram ensaiados inicialmente 21 ciclos de polimerização, alternando tempo (1, 2, 3, 6, 8, 10min) e potência (110, 165, 220, 275, 330, 550W), com amostras de 20mm de diâmetro e 1mm de espessura. Constataram em 15 ciclos a ocorrência de polimerização efetiva, sendo o ciclo mínimo necessário, o de 2min a 550W e o máximo de 10min a 110W. Em nenhum dos ciclos foi detectada a presença significativa de porosidades, mas observaram que potências mais altas induzem a formação de maior número de poros. Foi

realizado ensaio de dureza Vickers para todas as amostras, e através de seu resultado é que foi indicado como ideal o ciclo de 3min a 550W, com o valor de dureza de 22,46VHN. Foram conduzidos então os ensaios de resistência transversa, deflexão transversa, absorção de água e solubilidade, com amostras próprias para cada um, segundo as especificações da A.D.A., utilizando apenas o ciclo de 3min a 550W. As médias encontradas foram de 7,6kg de carga necessária para ruptura; 1,5mm a 3500g e 2,85mm a 5000g para deflexão transversa; $0,72\text{mg.cm}^{-2}$ para absorção de água e $0,038\text{mg.cm}^{-2}$ para solubilidade. Os resultados dos ensaios estiveram dentro dos especificados pela A.D.A., o que permitiu aos autores a conclusão de que a polimerização em microondas pode ser perfeitamente utilizada em laboratórios para a confecção de próteses em resina acrílica e que estas estariam aptas a suportar os esforços mastigatórios.

DEL BEL CURY *et al.*, em 1994, desenvolveram um estudo sobre as resinas acrílicas ativadas termicamente polimerizadas por energia de microondas, pelo método convencional e resinas quimicamente ativadas. Neste estudo, foram utilizadas quatro marcas de resinas acrílicas: Acron MC (microondas); Lucitone 550 e Prothoplast Termic (convencionais); Ortho-Class (quimicamente ativada). As propriedades físicas analisadas incluíram: absorção de água, solubilidade, resistência transversa, flexão máxima e resistência ao impacto. A resina para microondas foi polimerizada a 500W por 3min. As resinas convencionais foram polimerizadas em banho de água aquecida a 73°C durante 12h. A resina quimicamente ativada foi polimerizada por 1h em temperatura ambiente. As amostras foram confeccionadas de acordo a especificação nº12 da A.D.A. para cada ensaio, havendo 10 amostras para cada grupo. Para o ensaio de absorção de água, as amostras

foram dessecadas e armazenadas em água deionizada em estufa a $37 \pm 2^\circ\text{C}$ por sete dias. No ensaio de solubilidade, os discos foram recondicionados a um peso constante até que a variação não fosse superior a 0,5mg em 24h. Os valores médios (em mg/cm^2) de absorção de água e solubilidade encontrados foram: Acron – 0,570 e 0,015; Lucitone – 0,500 e 0,020; Prothoplast – 0,645 e 0,030; Ortho-Class – 0,320 e 0,110. Para absorção de água, resistência ao impacto e resistência transversal, todas as resinas diferiram estatisticamente entre si, já para solubilidade, as resinas Acron, Prothoplast e Ortho-Class diferiram entre si, enquanto Acron e Lucitone não. Para flexão máxima, Lucitone e Ortho-Class não diferiram entre si, porém as demais diferiram. Diante dos resultados, as diferenças significativas entre os grupos de amostras certamente são em consequência do método de polimerização e composição das resinas acrílicas utilizadas.

RODRIGUES-GARCIA & DEL BEL CURY, em 1996, estudaram a influência de um segundo ciclo de polimerização na adaptação e porosidade de bases de prótese. Foram confeccionadas 12 bases de prótese para cada um dos três grupos estudados: (G1) e (G2) resina acrílica convencional polimerizada em banho de água a 73°C por 9h; (G3) resina acrílica para microondas polimerizada a 500W por 3min. O grau de adaptação foi verificado através do peso do material de moldagem interposto sobre a base e o modelo mestre, sob a carga de 2kg. A seguir, todas as amostras foram reembasadas pelo método de adição, sendo que os grupos (G1) e (G3) com a mesma resina e mesma técnica de polimerização e (G2) com a mesma resina, porém polimerizada com energia de microondas a 500W por 3min. Todos os grupos foram novamente submetidos ao ensaio de adaptação descrito anteriormente. A porosidade das amostras após polimento e imersão em tinta preta

foi conferida em lupa estereoscópica com aumento de 63 vezes. As autoras concluíram que a resina convencional polimerizada no primeiro ciclo pelo método convencional e, no segundo, por energia de microondas, apresentou adaptação semelhante à do método convencional de reembasamento. Quanto à porosidade constatou-se que, tanto após o primeiro como o segundo ciclo de polimerização, a resina convencional apresentou maior porosidade. E finalizam concordando com os demais relatos da literatura que afirmam serem três os principais fatores que viabilizam a escolha da técnica de polimerização em microondas: limpeza durante os procedimentos, economia de tempo e aquecimento homogêneo do gesso e da resina, o que diminui tensões e distorções.

2.3. POLIMENTO

GOTUSSO, em 1969, publicou uma técnica de polimento químico para próteses totais, que, segundo seu relato, já estava em uso há quatro anos. Citou dois aspectos importantes para realizar o tratamento químico: a superfície interna das próteses torna-se menos lesiva aos tecidos gengivais, e permite o polimento mesmo quando as próteses sofrerem caracterização extrínseca. Os materiais listados como essenciais para o desenvolvimento da técnica incluíam: um recipiente metálico, que poderia ser revestido internamente por vidro tipo Pirex; uma fonte de calor elétrica; uma concha; um relógio com marcador de segundos; uma fonte de ar e a porção suficiente de monômero (auto ou termopolimerizável) para cobrir a prótese a ser polida. A técnica consistia em aquecer o monômero com a fonte de calor até o ponto de ebulição, e em seguida, colocava-se a

prótese no recipiente com o lado oclusal para baixo. A indicação era de que se agitasse o recipiente para que o monômero banhasse homogêaneamente toda a superfície da prótese, como também para evitar a união da superfície da prótese com a superfície do recipiente que estivesse em contato, e até mesmo para igualar a temperatura do banho. O autor destacou que com a introdução da prótese no recipiente contendo o monômero a 100,3°C, esta temperatura caía para aproximadamente 70°C, considerada ideal para o polimento. Após 1min, retirava-se a prótese com uma concha, colocando-a em outro recipiente seco e limpo, começava-se então a secá-la com ar quente por 5min e ar frio por mais 10min, onde usava um secador de cabelos para este fim. O próximo passo da técnica consistia em deixar a prótese em um recipiente por onde passasse água corrente para que fosse eliminado o monômero residual, e, se possível, que a prótese ficasse imersa em água com detergente por 24h, para que essa eliminação fosse completa.

Neste mesmo ano, **GOTUSSO et al.** estudaram a absorção de água da resina ativada termicamente quando submetida ao polimento químico. Este foi realizado através da imersão das amostras em monômero aquecido a 100°C por 1min e posteriormente secas por 10min em ar frio. As amostras foram confeccionadas conforme a especificação nº3 da F.D.I. Quando o peso se tornou constante, as amostras sem o polimento químico atingiram os valores mais altos da especificação (0,7mg/cm²) e as amostras polidas quimicamente apresentaram valores menores (0,1mg/cm²). Desta forma, concluiu-se que o polimento químico reduziu a absorção de água da resina acrílica.

DAVENPORT, em 1970, diante da grande frequência da associação de cândida x estomatite x prótese, investigou a distribuição e concentração de *Candida*

albicans em próteses superiores e saliva. Para a realização do estudo foram atendidos 50 pacientes portadores de próteses totais ou parciais removíveis superiores, portadores de inflamação da mucosa palatina, e 50 pacientes portadores destes mesmos tipos de próteses, porém sem evidência de inflamação da mucosa (grupo controle). A investigação foi realizada através de vários meios, como: esfregaços da superfície interna de próteses superiores em contato com os tecidos da mucosa palatina, distribuição em lâminas e sua coloração para confirmação da presença de *C. albicans* e de seu grau de concentração; coleta de amostras de saliva para posterior cultura; coleta de material tanto da superfície mucosa quanto da prótese para realização de cultura em placas contendo ágar Saboround; também foram realizadas biópsias retirando-se uma amostra circular de 3cm de diâmetro da mucosa palatina inflamada de 10 pacientes com estomatite, amostras estas fixadas, coradas e levadas ao microscópio para análise. O autor observou que o número de células com *Candida albicans* foi maior nos esfregaços obtidos das próteses do que aqueles da mucosa palatina; a presença de *Candida albicans* foi da ordem de 70% em pacientes com estomatite e de 20% no grupo controle. O autor concluiu que a estomatite protética está associada com a proliferação de *Candida albicans*, que ocorre na placa bacteriana da prótese e, em uma segunda fase, na mucosa, sugerindo que o tratamento deve ser direcionado para redução da quantidade de microorganismos presentes sobre a base da prótese e pela minimização ao máximo possível do trauma mecânico que esta prótese possa estar causando ao paciente.

A partir da divulgação da técnica do polimento químico para bases de prótese em resina acrílica, tal método passou a ser de interesse para os clínicos e assim **ARAÚJO et al.**, em 1972, realizaram uma pesquisa a fim de avaliar a influência deste tratamento

sobre algumas propriedades da resina acrílica. As propriedades estudadas foram: deflexão transversal, dureza e alterações dimensionais. Para a confecção dos corpos-de-prova foi utilizada a resina acrílica Clássico ativada termicamente, sendo que parte desta resina foi acrescida de monômero estabilizado e adicionado a 7% de agente de ligação cruzada, dando origem então a dois grupos de resina a serem analisadas. Metade dos corpos-de-prova de cada grupo de resina foi submetida ao polimento mecânico, e outra metade ao químico. Os ensaios de dureza foram realizados em dois tempos: 6h e 24h após polimento, e os valores de alteração dimensional foram anotados antes do polimento químico e 24h após o mesmo. Os resultados mostraram que a deflexão transversal foi sempre maior nos corpos-de-prova polidos quimicamente, independente da carga utilizada e do tipo de resina analisada. Em referência à dureza, todos os corpos-de-prova polidos mecanicamente apresentaram durezas maiores que aquelas dos corpos-de-prova polidos quimicamente, sendo que para os últimos o tempo decorrido entre o polimento e o ensaio exerceu bastante influência nos resultados e a presença de agentes de ligação cruzada fez com que a diminuição da dureza neste grupo de resina não fosse tão grande. Já as análises de alterações dimensionais não apresentaram resultados significativos.

NAGEM FILHO *et al.*, em 1973, avaliaram a toxicidade da técnica de polimento químico. Os autores implantaram amostras de resina acrílica ativada termicamente polidas pelo método convencional e pelo método químico em tecido subcutâneo das regiões dorsal e pélvica de cobaias. Todas as amostras receberam acabamento com lixas de granulação decrescente até a 600, sendo separadas em 2 grupos: polimento convencional (pasta de pedra-pomes e água seguida de óxido de zinco) e

polimento químico (imersão em monômero em ebulição por 1min, secagem com ar quente por 1min e com ar frio por mais 1min). Após os períodos de 2, 16, e 32 dias os animais foram sacrificados e os tecidos circunvizinhos aos implantes avaliados em microscópio. A análise dos tecidos mostrou reação tecidual severa aos implantes polidos quimicamente nos primeiros dois dias, sendo que ao final de 32 dias era evidente a presença de uma cápsula fibrosa estreita, compacta e bem definida, com poucas células e nenhuma capilaridade. Esta alteração foi atribuída a um provável aumento na quantidade do monômero residual. Para os implantes polidos convencionalmente, a reação tecidual nos primeiros dias não foi tão intensa, o que fez com que ao final dos 32 dias não houvesse uma cápsula fibrosa tão bem definida, mais espessa, com grande número de células e alguma capilaridade interna, resultado de um intenso infiltrado inflamatório. Entretanto, ao final dos 32 dias, independente das características peculiares a cada tipo de reação tecidual, todos os implantes de resina acrílica acarretaram a formação de uma cápsula fibrosa ao seu redor, permitindo afirmar que a resina ativada termicamente é bem tolerada pelo tecido conjuntivo do rato, qualquer que seja o polimento realizado.

Após a observação de alguns estudos referentes às conseqüências da utilização do polimento químico sobre as resinas acrílicas para base de prótese, **BOMBONATTI et al.**, em 1975, preocupados com a manutenção da saúde bucal dos pacientes e possíveis reações teciduais, resolveram determinar a quantidade de monômero residual presente em resinas acrílicas submetidas ao polimento químico. Foram utilizadas resinas acrílicas ativadas química e termicamente da marca Clássico, submetidas ao polimento mecânico e químico, resultando assim em quatro grupos de estudo. O método empregado para a

determinação da quantidade de monômero residual foi o da halogenação pelo bromo e titulação do iodo liberado com uma solução 0,01N de tiossulfato de sódio. Os resultados mostraram que na resina ativada termicamente o polimento químico produziu aumento significativo da quantidade de monômero residual em comparação ao observado para o polimento mecânico. Para a resina de ativação química, o resultado foi contrário, ou seja, o polimento químico produziu diminuição da quantidade de monômero residual em comparação ao mecânico, porém provocou o aparecimento de intensa porosidade interna no corpo-de-prova. Os autores justificaram tais resultados dizendo que a taxa de monômero residual aumentou para a resina termoativada polida quimicamente porque esta permaneceu em contato com grande quantidade de monômero, sendo talvez impregnada pelo mesmo. Já o resultado contrário para a resina quimicamente ativada deveu-se à complementação do processo de polimerização que o aumento de temperatura do polimento químico teria promovido nesta resina, convertendo maior quantidade de monômero em polímero. E foi justamente esse aquecimento adicional o responsável pelo aparecimento de porosidade interna, motivada pela ebulição do monômero. Diante destes resultados, os autores concluíram que, de qualquer forma, o polimento químico não seria benéfico para as resinas acrílicas, pois tem influência negativa sobre suas propriedades.

KILANI *et al.*, em 1984, realizaram estudo para determinar a molhabilidade de alguns materiais para base de prótese à saliva artificial e à água destilada. Foram confeccionadas três amostras para cada material testado, sendo que as resinas acrílicas eram prensadas contra vidro, recebendo depois acabamento e polimento convencionais. Estes mesmos processos foram realizados para os metais após sua fundição, e para o poliuretano

não foi realizado nenhum tratamento. A molhabilidade foi determinada através da mensuração do ângulo de contato estático e da diferença entre o ângulo de contato inicial e de recuo da saliva e da água sobre as superfícies dos materiais ensaiados. O ângulo de contato inicial consistia no ângulo formado entre a superfície de resina e a gota d'água no momento de sua deposição, já o ângulo de recuo consistia no ângulo formado entre a superfície de resina e a gota d'água quando a mesma estivesse sendo removida pela sucção através de uma microagulha. Estas mensurações foram realizadas através de um goniômetro, nas extremidades direita e esquerda dos ângulos de contato. Os resultados mostraram não haver diferença estatística entre os lados dos ângulos de contato formados tanto em saliva artificial quanto em água destilada, para o mesmo material utilizado como base de prótese; os ângulos de contato inicial e de recuo foram menores para a liga de alumínio. E permitiram concluir que: o ângulo de contato inicial é maior que o de recuo; o ângulo de recuo é o mais apropriado para a mensuração e avaliação da molhabilidade de materiais para base de prótese; e que a variabilidade na rugosidade superficial do material deve ser considerada na avaliação dos ângulos de contato.

STOLF *et al.*, em 1985, estudaram a influência do polimento químico sobre a resistência ao impacto de resinas acrílicas após os períodos de armazenagem: 1, 7, 15 e 30 dias. Para este estudo foram utilizadas resinas acrílicas ativadas química e termicamente da marca Clássico. Foram confeccionados 20 corpos-de-prova, sendo 10 de cada tipo de resina. Cada grupo foi dividido em dois. Um recebeu polimento químico (imersão da amostra durante 1min em monômero de metilmetacrilato aquecido a 70°C), e o outro polimento mecânico (tiras de lixa, pedra-pomes e água, polidor Kaol). Após o polimento,

os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada a 37°C. Os resultados permitiram aos autores concluir que a resistência ao impacto aumentou nas amostras polidas quimicamente em todos os períodos quando comparadas com o polimento mecânico e o tempo reduziu a resistência ao impacto das resinas independente dos métodos de ativação e de polimento. Supôs-se que o tratamento térmico, ao qual as resinas acrílicas foram submetidas durante o polimento químico, seria o responsável pelo aumento da resistência ao impacto devido ao aquecimento, eliminando assim as possíveis tensões residuais induzidas no interior da massa de resina.

Considerando a importância das características e propriedades das superfícies dos materiais restauradores, frente principalmente ao acúmulo de placa e conseqüentes problemas ao pacientes, SZABÓ *et al.*, em 1985, analisaram as propriedades de absorção de água, solubilidade, dureza e estabilidade de cor de duas resinas para base de prótese, uma ativada termicamente (Vertex RS) e outra ativada quimicamente (Vertex SC), submetidas ou não à cobertura por glaze orgânico polimerizável em luz ultravioleta (Permalink GC). As amostras foram preparadas seguindo a especificação 1567 da I.S.O., relativa ao material e propriedade estudada. As amostras receberam acabamento com lixas d'água de granulação 500 e 1000 dos dois lados e metade de cada grupo recebeu a cobertura com o glaze também dos dois lados. Para o ensaio de absorção de água, foram seguidas as especificações da I.S.O. e os tempos de mensuração foram 1, 2, 4, 7, 15, 30, 45 e 60 dias após armazenagem em água a 37°C. Ao final deste período foi mensurada a solubilidade das amostras. As mensurações do ensaio de dureza foram realizadas logo após a confecção das amostras e junto a cada período do ensaio de absorção de água. Para o

ensaio de estabilidade de cor, foi utilizado um espectrofotômetro automático computadorizado e as mensurações realizadas antes e após o ensaio de absorção de água. Os resultados encontrados mostraram que, quanto à absorção de água, os grupos tiveram comportamentos similares em cada período de mensuração, onde somente o grupo de resina ativada quimicamente não glazeada apresentou valores maiores de absorção. Para a dureza, a primeira mensuração mostrou valores significativamente maiores para os grupos de resinas glazeadas, porém os valores de dureza de todas as amostras decresceram significativamente durante as primeiras 24h em água. As médias de dureza das amostras glazeadas úmidas foram similares às das não glazeadas secas. Quanto à estabilidade de cor, observaram que a principal alteração ocorrida foi o amarelamento das amostras de resina ativada quimicamente, glazeadas ou não, em função do tempo de imersão em água. Os autores concluíram que a cobertura da resina acrílica com uma película rica em ligações cruzadas aumenta a dureza superficial, embora esta dureza seja diminuída pela absorção de água. Acrescentaram que esta cobertura pode agir como uma barreira para a dissolução de ingredientes solúveis de uma resina acrílica ativada quimicamente para base de prótese. Concluíram ainda, que apesar dos bons resultados encontrados, não se pode afirmar que em longo prazo este material de cobertura tenha efeito na prevenção de depósitos indesejáveis sobre as bases das próteses.

ULUSOY *et al.*, em 1986, estudaram o efeito de técnicas de acabamento e polimento sobre a rugosidade superficial de resinas acrílicas ativadas química e termicamente. O principal objetivo deste estudo foi selecionar um método de acabamento e polimento que promovesse a superfície mais lisa possível nestas resinas. Para a realização

dos ensaios foram confeccionados nove grupos de amostras, onde cada grupo era caracterizado por uma combinação diferente de materiais de acabamento e polimento. A seqüência de todos os materiais utilizados constava de: pedras abrasivas; discos abrasivos (granulações: grossa, média e fina); cone de feltro rotatório com pasta fluida de pedra-pomes e água e escova macia rotatória com pasta pó de giz e água. A rugosidade superficial das amostras foi examinada através de um perfilômetro. As superfícies foram analisadas em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados demonstraram diferença estatisticamente significativa apenas entre alguns dos métodos utilizados, mas definiram que o melhor método foi o que empregou todos os materiais em sua seqüência correta, sem negligenciar nenhum passo. Os autores ressaltaram que o uso de abrasivos grosseiros produzia ranhuras mais profundas, mas que eram removidas por abrasivos progressivamente mais finos, e que seria perda de tempo e material iniciar os procedimentos com abrasivos finos para evitar aquelas ranhuras profundas, fazendo com que o resultado final não fosse satisfatório. Não seria suficiente também o uso de abrasivos de granulação fina logo após a granulação grosseira, pois as primeiras ranhuras continuariam aparecendo, sendo necessário o emprego da seqüência progressiva de granulação dos abrasivos, sem deixar nenhum de lado. O uso final de instrumentos rotatórios com pedra-pomes e pó de giz também trouxe características significativas de melhora na lisura superficial em comparação aos grupos onde estes passos não foram realizados.

Continuando sua linha de pesquisa, **STOLF et al.**, em 1986, realizaram um trabalho onde verificaram a influência dos polimentos químico e mecânico sobre a reflexão

de cor das resinas acrílicas para base de próteses totais. Foram confeccionados corpos-de-prova com as resinas acrílicas ativadas química e termicamente da marca Clássico, nas cores rosa e incolor, formando quatro grupos. Os grupos foram divididos, metade recebendo polimento químico e metade mecânico. A reflexão dos corpos-de-prova foi medida em refletômetro acoplado a um galvanômetro. Os resultados das mensurações de reflexão mostraram que os polimentos não diferiram estatisticamente, sendo verificado que as resinas rosas refletiram mais que as incolores, provavelmente devido à transparência que ocasiona maior absorção que reflexão de luz.

Considerando sua importância frente à adesão de uma prótese total à mucosa do paciente, **MONSÉNÉGO *et al.***, em 1989, estudaram a molhabilidade de resinas acrílicas para base de prótese. Utilizaram resinas ativadas quimicamente (Quick SR 360) e termicamente (SR 360), confeccionando amostras planas, separadas em quatro grupos de acordo com o tratamento superficial recebido: não tratadas; lixadas; polidas; e cobertas com verniz fotopolimerizável (10 amostras para cada grupo). Antes das mensurações, seguiram para a limpeza por ultra-som junto a uma mistura de água e metanol por 10min e água destilada em mais três vezes. Foram secas em forno a 40°C por 48h e armazenadas em dessecador a temperatura ambiente. A observação das amostras ao microscópio eletrônico de varredura com aumentos de 20x e 5000x mostrou limpeza das superfícies e ausência de depósitos. O ângulo de contato da gota d'água colocada sobre a superfície da amostra para verificação da molhabilidade foi mensurado por dois métodos: 1) gota séssil, usando um aparato de ângulo de contato termostaticamente aquecido, e 2) bolha sob a água. Eram mensurados dois ângulos de contato: um da gota formada sobre a amostra (ângulo de

inicial) e outro desta mesma gota após a introdução de uma finíssima agulha em seu centro, e retirada de quase metade do conteúdo de água da gota (ângulo de recuo). A diferença entre os dois ângulos é denominada histérese do ângulo de contato. Os autores afirmaram que é a histérese do ângulo de contato que realmente denota a influência da característica de superfície sobre a relação resina x água. Considerando que quanto maior a molhabilidade da resina melhor a sua retenção, os resultados mostraram que a resina ativada termicamente lixada é a que melhor preenche esta condição, além disso, a entrada de água nos poros presentes nesta resina durante os primeiros 20min de imersão, faz com que a sua característica hidrofílica seja aumentada.

QUIRYNEN *et al.*, em 1990, após estudos prévios *in vivo*, verificaram que uma alta energia superficial livre e um aumento da rugosidade superficial do substrato poderiam facilitar o acúmulo de placa supra-gengival. Para verificação desta hipótese realizaram um estudo clínico cujo objetivo foi explorar o efeito da combinação dessas características superficiais no crescimento da placa. Duas tiras, uma feita de fluoretileno propileno (FEP) e outra feita de acetato de celulose (CA) foram presas à superfície vestibular de incisivos centrais de 16 voluntários. Metade da superfície de cada tira foi alisada ($Ra \pm 0,1\mu m$) e a outra metade foi deixada rugosa ($Ra \pm 2,2\mu m$). A formação ininterrupta de placa foi observada nestas tiras por um período de seis dias. A extensão de placa no terceiro e no sexto dia foi registrada em slides coloridos. Por fim, foram tomadas, de seis pacientes, amostras das tiras bem como da superfície das imediações do dente. Estas amostras foram analisadas em microscopia para graduar a proporção de células cocóides, e bactérias (bastonetes ou fusiformes) pequenas, médias e grandes. No terceiro dia, uma

diferença significativa no acúmulo de placa foi obtida apenas quando a rugosidade superficial foi comparável com uma superfície lisa. Entretanto no sexto dia, quantidade significativamente menor de placa foi registrada na superfície FEP lisa (19,4%) quando comparada com CA lisa (39,5%). Entre a superfície FEP rugosa (96,8%) e a superfície CA rugosa (98,2%), não foi verificada diferença significativa. Os últimos foram claramente mais altos do que os escores das superfícies lisas. Pequenas diferenças na composição bacteriana foram evidenciadas: as mais altas porcentagens de células cocóides foram observadas nas superfícies FEP lisas (86,2%) e as porcentagens mais baixas na FEP rugosa (78,5%) e CA rugosa (82,2%). Os resultados deste estudo sugerem que a influência da rugosidade superficial no acúmulo e composição de placa é mais importante que a energia livre de superfície.

STOLF *et al.*, em 1994, analisando as características do polimento químico, observaram que este promove polimento tanto da superfície interna quanto externa da prótese. Associando a possível desadaptação que tal procedimento poderia causar à área chapeável da prótese, decidiram verificar o desgaste superficial ocorrido na resina acrílica para base de prótese total submetida ao polimento químico. A metodologia incluiu a confecção de bases de prótese total e coroas totais esquemáticas, com as resinas ativadas química e termicamente da marca Clássico, originando quatro grupos. As bases de prótese total foram submetidas a uma análise ao microscópio comparador, onde foram determinadas e marcadas regiões e distâncias a serem analisadas. Tais bases em resina receberam polimento químico segundo a técnica de Gotusso e foram então novamente levadas ao microscópio comparador para uma segunda análise e possível comparação com

a primeira. As coroas totais esquemáticas tiveram seu diâmetro interno e a espessura das paredes mesial e distal mensurados antes e após o polimento químico. Os resultados possibilitaram a verificação de desgaste superficial em todos os corpos-de-prova submetidos ao polimento químico, independente do tipo de ativação da resina. Isto foi definido pelo aumento das distâncias comparadas nas extensões das bases das próteses totais e diminuição das espessuras das paredes dessas bases, o que só não foi coincidente nas análises das regiões de molares, onde tanto as distâncias quanto as espessuras diminuíram, possivelmente devido ao fato de serem extremidades livres. O mesmo resultado foi encontrado nos ensaios com as coroas totais, quando verificaram diminuição da espessura de suas paredes e aumento do diâmetro interno, ressaltando apenas que o desgaste superficial ocorreu em toda a extensão da coroa, sendo o desgaste interno mensurado, equivalente apenas à metade do realmente ocorrido.

QUIRYNEN & BOLLEN, em 1995, realizaram uma revisão da literatura com o objetivo de examinar a influência da rugosidade superficial e da energia livre de superfície no processo de adesão bacteriana. Segundo os autores, a rugosidade superficial influencia a formação inicial de placa bem como sua estagnação (maturação), enquanto que a energia livre de superfície é coletora de placa adicional, promovendo ligação mais forte e seleção de colônias bacterianas específicas. Embora exista uma interação evidente entre a rugosidade superficial e a energia livre de superfície, a influência da primeira é reconhecidamente superior no mecanismo de formação de placa bacteriana. Os autores ressaltaram ainda que nas superfícies irregulares, as bactérias, uma vez fixadas, podem sobreviver mais tempo por estarem protegidas das forças naturais de remoção e das

medidas de higiene bucal. Além do que, a rugosidade superficial aumenta a área disponível para adesão bacteriana potencializando-a em até 3x. Os autores concluíram que todos os esforços devem ser feitos para a obtenção de superfícies lisas e bem acabadas, minimizando a formação de placa e conseqüentemente reduzindo a ocorrência de doenças na cavidade bucal.

CRAIG *et al.*, em 1996, descreveram a técnica de polimento para próteses, citando que a região do palato podia ser polida com a utilização de rodas de pano e cones de feltro com pasta de pedra-pomes e água. Este mesmo abrasivo junto a escovas em roda e rodas de pano podia ser utilizado para suavizar as superfícies lingual e vestibular das próteses. Citaram ainda que o polimento final era conseguido com escovas em roda com pasta de branco de espanha, Bendik ou pasta de óxido de estanho e água. Os autores destacaram que pode ocorrer superaquecimento da resina da prótese durante o polimento, devido à sua baixa condutividade térmica, devendo ser evitado. Tratando da manutenção de higiene das próteses, o autor destacou que a utilização de escovas, agentes de limpeza e dentifrícios pode produzir abrasão nas superfícies da prótese, sendo o uso de água e sabão mais indicado para sua higienização.

MESQUITA *et al.*, em 1996, investigaram a influência do polimento químico sobre a dureza superficial de amostras de resinas acrílicas ativadas química e termicamente, em diferentes períodos de armazenagem. Foi utilizada a resina Clássico. Foram confeccionadas 60 amostras, divididas em 12 grupos segundo a combinação: polimerização x polimento x armazenagem (um dia, uma semana e um mês). O polimento convencional foi realizado em torno de bancada, na seguinte seqüência: escova branca, escova preta e

ponta de feltro com pasta de pedra-pomes e água e em seguida, roda de flanela e pasta de branco de espanha e água. O polimento químico foi realizado em polidora química Termotron modelo PQ 9000, com o líquido específico para polimento (Clássico) por 10s a 75°C. Os resultados mostraram que a resina termoativada polida convencionalmente teve valores de dureza significativamente maiores nos períodos de um dia e uma semana, em relação ao período de um mês. Já o mesmo tratamento para a resina ativada quimicamente provocou valores de dureza significativamente menores no primeiro período em relação aos períodos de uma semana e um mês. Para a resina ativada quimicamente submetida ao polimento químico, os valores de dureza foram significativamente maiores no período de um mês em relação ao de uma semana, e deste em relação ao período de um dia de armazenagem. A resina ativada quimicamente submetida ao polimento mecânico apresentou valores de dureza significativamente maiores no período de um mês, em relação aos períodos de uma semana e um dia, que foram semelhantes entre si. Apenas para a resina ativada termicamente, após um mês de armazenagem, os valores de dureza se igualaram para os dois tipos de polimento, pois em todos os outros períodos o polimento químico acarretou valores de dureza menores que o polimento convencional.

MESQUITA *et al.*, em 1996, avaliaram a influência do polimento químico sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas ativadas química e termicamente (Clássico), em diferentes períodos de armazenagem. As variáveis estudadas no trabalho foram: ativação (química ou térmica); polimento (mecânico ou químico); e armazenagem (1h, um dia, uma semana e um mês). A metodologia de confecção das amostras foi a mesma já descrita para pesquisa dos mesmos autores no mesmo ano. Os autores concluíram

que as amostras submetidas ao polimento químico apresentaram os maiores índices de resistência ao impacto em todos os períodos de tempo, quando comparadas ao polimento convencional.

WHITHEAD et al., em 1996, avaliaram o efeito *in vitro* da escovação mecânica com dentifrícios clareadores sobre a rugosidade superficial de uma resina composta. As leituras de rugosidade superficial podem, se cuidadosamente interpretadas, facilitar o entendimento desse desgaste. Os corpos-de-prova foram confeccionados com resina Silux (3M) e suas superfícies analisadas em perfilômetro quanto aos parâmetros Ra, Rz, Rpm e uma proporção Rpm/Rz. O parâmetro Ra descreve a rugosidade total de uma superfície e pode ser definido como a média aritmética de todas as distâncias absolutas de um perfil de rugosidade em relação à linha central, em um dado comprimento de leitura. O parâmetro de superfície Rz pode ser definido como a média da altura máxima entre picos e vales de cinco leituras consecutivas dentro de um comprimento de mensuração e é usado para descrever o grau de rugosidade da superfície de uma amostra. Os corpos-de-prova foram escovados com diferentes dentifrícios e a rugosidade superficial novamente avaliada. Os resultados mostraram que a qualidade do abrasivo influencia a quantidade de desgaste do compósito e que cuidados devem ser tomados se medições de textura superficial forem usadas para prever o desempenho de um determinado material.

VERRAN & MARYAN, em 1997, realizaram um estudo sobre a retenção de *Candida albicans* em diferentes superfícies de resina acrílica e silicone, com a intenção de determinar o efeito direto da rugosidade superficial destes materiais sobre as infecções induzidas por próteses e a higienização das mesmas. Durante o estudo foram

confeccionados padrões em resina acrílica, dos quais um grupo teve a superfície lisa e polida e outro, para obtenção de uma superfície rugosa, foi submetido à abrasão manualmente com lixa de granulação média. Na confecção das amostras em silicone, a obtenção das superfícies lisa e rugosa se deu através da prensagem do silicone contra superfícies de resina acrílica e gesso, respectivamente. Realizaram a mensuração da rugosidade superficial das amostras através de um perfilômetro. As amostras foram então submetidas ao processo de adesão de microorganismos, sendo incubadas junto a uma suspensão celular padronizada de *Candida albicans*. Após este período, o material celular em excesso foi removido, as amostras suavemente lavadas e as células remanescentes aderidas às superfícies das amostras foram fixadas, coradas e contadas em microscópio com feixe de luz fluorescente. As médias de rugosidade superficial (Ra) encontradas foram de 0,02µm para resina acrílica lisa; 1,26µm para resina acrílica rugosa; e 1,96µm para resina prensada contra gesso selado com verniz. Quanto à adesão de microorganismos, os resultados mostraram um número bem menor de células aderidas nos grupos de superfície lisa, porém não houve diferença estatística entre número de células para as superfícies lisas de resina acrílica e silicone. Os grupos de superfície rugosa não só diferiram estatisticamente em relação aos grupos de superfície lisa, mas também entre si, tendo tido o grupo rugoso de silicone um número significativamente maior de células aderidas contadas que o mesmo grupo de resina acrílica. As células eram observadas em maior número ao redor de defeitos na superfície, como ranhuras na resina acrílica e entalhos no silicone. Nas conclusões, os autores ressaltaram a importância das superfícies das próteses dentais em resina acrílica e em silicone serem mantidas mais lisas e regulares possíveis, prevenindo a

ocorrência de infecções locais e deterioração precoce da prótese, pois as irregularidades superficiais aumentariam a probabilidade de microorganismos remanescerem sobre a superfície mesmo após sua limpeza.

O'BRIEN, em 1997, afirmou que, por razões estéticas e funcionais, é importante que materiais restauradores tenham superfícies polidas. Se as ranhuras produzidas pelo acabamento foram maiores em largura que o comprimento de onda da luz visível, que é de aproximadamente $0,5\mu\text{m}$, a superfície terá aparência fosca. Se as ranhuras forem menores que $0,5\mu\text{m}$ na largura, a superfície parecerá brilhante. Além disso, o autor destacou que a língua pode distinguir sutis diferenças de rugosidade: ranhuras com mais que $20\mu\text{m}$ de profundidade produzem a sensação de superfície grosseira; em áreas onde as ranhuras apresentam profundidade menor que $2\mu\text{m}$, a sensação é de lisura. Para a obtenção de uma superfície de resina acrílica lisa e brilhante, devem ser utilizadas sucessivamente partículas abrasivas de granulações decrescentes. Durante a seqüência de polimento, é importante a remoção de resíduos e partículas abrasivas antes que granulações mais finas sejam empregadas. A permanência de partículas de uma etapa anterior sobre a resina continuará promovendo ranhuras. O polimento final com abrasivo fino produz uma superfície virtualmente livre de ranhuras, pela criação de uma camada microcristalina ou amorfa na superfície do substrato.

Considerando a importância de ajustes realizados na porção interna de bases de prótese através de desgastes, **RADFORD et al.**, em 1997, conduziram um estudo avaliando a superfície de assentamento de três materiais para base de prótese após desgaste com

instrumentos rotatórios. Os materiais utilizados foram: resina acrílica ativada termicamente Trevalon e “soft liners” Molloplast B e Novus. Para o desgaste, foram utilizadas broca de aço, broca carbide de tungstênio, pedra própria para acabamento do Molloplast B e tira de lixa siliconada de abrasividade média. Utilizaram microscopia eletrônica de varredura e microscopia confocal para análise das amostras. Todas as amostras foram prensadas contra uma superfície de vidro. Cada amostra apresentava três faixas de acabamento na superfície, sendo uma o controle, sem abrasão; e as outras seguiam o tipo de material e instrumento utilizado: Trevalon – broca de aço e broca de tungstênio; Molloplast B – pedra própria para seu desgaste e tira de lixa; Novus – broca de tungstênio e tira de lixa. As imagens foram capturadas por uma câmera acoplada e posteriormente submetidas ao aumento de 400x, onde, com o uso de um software, foram realizadas leituras de rugosidade superficial. O parâmetro utilizado foi Ra e foram realizadas 30 leituras de 20 μ m em cada superfície analisada. Os valores encontrados para rugosidade foram: 1,6 μ m – Trevalon x vidro; 2,5 μ m – Trevalon x broca de tungstênio; 4,6 μ m – Trevalon x broca de aço; 1,3 μ m – Molloplast B x vidro; 7,9 μ m – Molloplast B x pedra própria; 7,6 μ m – Molloplast B x tira de lixa; 1,5 μ m – Novus x vidro; 7,9 μ m – Novus x tira de lixa; 4,1 μ m – Novus x broca de tungstênio. A análise estatística mostrou que os tratamentos para cada material diferiram estatisticamente, com exceção do Molloplast B entre os grupos submetidos à abrasão. Concluíram que todos os materiais prensados contra o vidro apresentaram superfície lisa, porém dos materiais abrasivos ensaiados, o que produziu melhores resultados foi a broca de tungstênio.

BOLLEN *et al.*, em 1997, reconhecendo que a rugosidade das superfícies duras intra-bucais pode influenciar a retenção de placa bacteriana, realizaram uma revisão de

literatura, avaliando a rugosidade superficial inicial dos diversos materiais utilizados em odontologia, bem como as mudanças ocorridas em suas superfícies como consequência das diferentes técnicas de manipulação. Relataram que estudos recentes *in vivo* sugeriram um limiar de rugosidade superficial para aderência bacteriana ($Ra = 0,2\mu m$), abaixo do qual não se poderia esperar redução significativa no acúmulo bacteriano. Um aumento da rugosidade superficial acima deste limiar, entretanto, resultaria em aumento simultâneo de acúmulo de placa bacteriana. A rugosidade superficial dos diferentes materiais dentários e o efeito dos diferentes tipos tratamento das superfícies foram analisados e comparados ao limiar de $0,2\mu m$. Baseados nesta revisão, os autores encontraram uma extensa variedade de valores de rugosidade nas superfícies dos materiais usados na cavidade bucal, verificando que o efeito dos diversos tratamentos superficiais usados varia de acordo com o material. Esses achados indicam a necessidade de se procurar um tratamento específico para cada material a fim de se obter e manter sua superfície mais lisa possível.

ANUSAVICE, em 1998, citou que o acabamento das próteses promovia 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, compatibilidade com os dentes adjacentes. O processo de polimento é a etapa mais refinada do acabamento, produzindo riscos tão finos, que são invisíveis ao olho nu.

RADFORD *et al.*, em 1998, avaliaram a adesão de microorganismos (*Candida albicans*), à superfície de materiais para base de prótese frente a diferentes acabamentos. Os materiais e a metodologia utilizada neste trabalho foram semelhantes aos utilizados pelos mesmos autores em 1997, incluindo os valores de rugosidade encontrados em cada grupo. Foram confeccionadas 16 amostras de cada material divididas em dois grupos de análise, sempre com uma amostra como controle e sendo estas amostras colocadas em meio com suspensão de *C. albicans*. Após 1h de incubação a 37°C, as amostras foram secas por 2h a 37°C e deixadas por 16h em temperatura ambiente, sendo então montadas em lâminas de vidro e coradas por 5min, estando prontas para a contagem das colônias. Outro método de análise da aderência de microorganismos foi usado para verificar a influência da presença de uma película de saliva sobre as amostras. Para esta análise, foram confeccionadas amostras com os mesmos materiais e dimensões, sendo utilizado apenas um abrasivo para cada material: resina acrílica – broca de aço; soft liners – tira de lixa, tendo assim cada amostra duas superfícies de análise – lisa (x vidro) e desgastada. Os resultados mostraram que o aumento da rugosidade acarretou aumento da adesão de microorganismos sobre a superfície. Não foi constatada relação direta entre rugosidade, adesão e material, sendo que para resina acrílica a maior adesão de *C. albicans* foi após desgaste com broca de aço; para o Molloplast B, após desgaste com tira de lixa; e para Novus, após uso de broca de tungstênio. Quanto à presença da película de saliva, em todos os grupos esta reduziu a adesão de *C. albicans*.

TAYLOR *et al.*, em 1998, conduziram um estudo para avaliar a retenção de microorganismos sobre uma resina acrílica e liga de Co-Cr com diferentes acabamentos. As

amostras foram divididas em grupos para análise de rugosidade após alguns procedimentos de acabamento, sendo quatro grupos para resina acrílica: sem polimento, apenas prensada contra gesso; jateamento com óxido de alumínio fino (50 μ m); jateamento com óxido de alumínio grosso (250 μ m); polimento com roda de borracha, pasta de pedra-pomes e água e pasta de polimento universal. Para a liga Co-Cr, foram cinco grupos: polimento igual ao da resina; jateamento com óxido de alumínio fino com e sem polimento em aparelho elétrico; jateamento com óxido de alumínio grosso com e sem polimento em aparelho elétrico. Os microorganismos usados para contaminação das amostras compreendiam: *Candida albicans*, *Actinomyces viscosus* e *Streptococcus oralis*. Após lavadas, as amostras foram fixadas para a observação ao microscópio epifluorescente e ao microscópio eletrônico de varredura e contagem das células aderidas. Os resultados encontrados para rugosidade (Ra) nas amostras de resina acrílica foram de 0,23 μ m – resina polida; 1,68 μ m – prensada contra gesso apenas; 1,82 μ m – jateada com óxido de alumínio fino; 3,53 μ m – jateada com óxido de alumínio grosso. Para a liga Co-Cr: 0,15 μ m – polida; 1,66 μ m e 1,87 μ m – jateada com óxido de alumínio fino sem e com polimento em aparelho elétrico; 2,13 μ m e 1,86 μ m – jateada com óxido de alumínio grosso sem e com polimento em aparelho elétrico. Os tratamentos produziram valores de rugosidade que diferiram estatisticamente entre os grupos do mesmo material e entre os materiais. A presença de polimento em aparelho elétrico sobre a liga de Co-Cr produziu uma regularidade de superfície visivelmente diferente, mas não aparente nos valores de Ra. Quanto à adesão de microorganismos, foram encontrados altos níveis de retenção para *S. oralis* e *A. viscosus* e níveis mais baixos para *C. albicans*. Portanto, observaram que o aumento da rugosidade facilitou a retenção de

colônias de microorganismos e que o polimento em aparelho elétrico resultou em melhora visual (mais brilho) da liga Co-Cr, mas não diferindo em valores de Ra, causando sim, muitas vezes o aumento da adesão de microorganismos.

MELLO, em 1999, estudando o polimento químico, inicia explanando que sua ação é apenas superficial, sendo que as moléculas de metilmetacrilato presentes no fluido para polimento penetram entre as cadeias poliméricas superficiais da resina acrílica, quebrando suas ligações secundárias, promovendo assim o efeito final de plastificação superficial. Neste trabalho, avaliou as propriedades mecânicas e químicas de uma resina ativada termicamente (Jet Clássico) submetida ao polimento químico e a um processo de polimerização adicional em microondas ou em banho de água aquecida, comparando as mesmas propriedades desta resina submetida aos polimentos químico ou mecânico sem polimerização adicional. Para o polimento químico, foi utilizado o líquido Poli-Quim. Foram avaliados: nível de monômero residual, resistência transversa e microdureza interna. Os ciclos complementares de polimerização foram de 450W por 3min em forno de microondas para um grupo, e 65°C por 1h em banho de água aquecida para o outro. Os resultados obtidos permitiram a conclusão de que o polimento químico aumenta a quantidade de monômero residual na resina acrílica, diminui sua resistência transversa, e os complementos de polimerização utilizando microondas e água aquecida possibilitaram uma polimerização mais efetiva, reduzindo o nível de liberação de monômero na água. Os valores de microdureza interna foram sempre significativamente menores na distância de 100µm da superfície, entretanto sem que os grupos tenham diferido entre si, enquanto para as outras duas distâncias os valores foram semelhantes, com destaque para o grupo de

polimerização adicional em banho de água aquecida que apresentou microdureza significativamente maior que os outros grupos.

BORCHERS *et al.*, em 1999, examinaram a rugosidade superficial de resinas acrílicas após terem sido polidas ou cobertas com diferentes vernizes. Foram confeccionadas 360 amostras em formato cilíndrico com nove marcas de resina acrílica. Cada amostra foi planificada e subsequenteemente recebeu polimento com borrachas ou cobertura com um dos nove tipos de verniz. Amostras selecionadas foram submetidas à termociclagem (de 5°C a 50°C, 2000 ciclos). A qualidade da superfície foi determinada por meio de um perfilômetro e por microscopia eletrônica de varredura. As amostras polidas tiveram um valor médio de rugosidade superficial (Ra) de 0,8µm, as diferenças na rugosidade entre os materiais foram pequenas, mas estatisticamente significativas. O tipo de cobertura também teve influência significativa na qualidade da superfície, dependendo da combinação de materiais usados, a cobertura produziu uma superfície mais lisa ou mais rugosa que o polimento ($0,4\mu\text{m} < \text{Ra} < 4,6\mu\text{m}$). Segundo os autores, os materiais que possuíam agentes de ligação cruzada em sua composição possuíam também maiores valores de dureza e qualidade de polimentos melhorada, assim as coberturas utilizadas não foram eficazes sobre tais superfícies. Cinco tipos de cobertura foram consideradas não aplicáveis clinicamente devido às propriedades insatisfatórias de molhamento. A ciclagem térmica não teve influência significativa na qualidade de superfície, mas causou pequenas trincas na cobertura de cianocrilato. Os autores concluíram que, com relação à qualidade de superfície e aplicabilidade, o uso de vernizes nas restaurações temporárias não é aconselhável.

2.4. ABSORÇÃO DE ÁGUA E SOLUBILIDADE

BRADEN, em 1964, realizou um estudo para comprovar a aplicação dos parâmetros: equilíbrio da absorção de água (saturação) e coeficiente de difusão, quando se fala em absorção de água em resina acrílica, verificando também a influência da temperatura e espessuras das amostras sobre tais parâmetros. Foram confeccionadas amostras retangulares de 7,5 x 2,54cm, com espessuras variando entre 0,635 e 2,82mm, utilizando resinas ativadas térmica e quimicamente. As análises para saturação e coeficiente de difusão foram realizadas a 37,4°C e 22,5°C. Os resultados obtidos foram de 0,22g.cm⁻³ e 0,011g.cm⁻³, para a absorção de água das amostras de 0,635 e 2,82mm de espessura, respectivamente. A saturação alcançada foi de 0,026g.cm⁻³, independente da temperatura. Empregando o coeficiente de difusão, o autor encontrou que, para uma coroa em resina de ativação química com 1mm de espessura, são necessárias 50h em água a 37,4°C para atingir 98% de saturação, enquanto para uma base de prótese em resina de ativação térmica com 2mm de espessura é necessário um tempo quatro vezes maior para atingir tal saturação. Observaram também, que a temperatura afeta significativamente o coeficiente de difusão, porém não altera o grau de saturação atingido pela resina, portanto o tempo para a saturação é que dependerá da temperatura. A análise dos resultados encontrados permitiu a conclusão de que tanto o processo de ganho quanto o de perda de água pela resina acrílica obedecem a lei de difusão.

Diante da importância da aplicação clínica dos polímeros, **STAFFORD & BRADEN** em 1968, realizaram um estudo para avaliar o comportamento e o processo de

difusão dos polímeros quando em contato com água a 37,4°C. Os materiais estudados foram: resina acrílica convencional – Kallodent; resina acrílica de alto impacto – Impact; vinil acrílico – Luxene; e policarbonato – Thermopont. Foram confeccionadas amostras planas seguindo metodologias anteriores, e o polímero de policarbonato foi preenchido com fibras de vidro. Todas as amostras foram imersas em água a 37,4°C e pesadas em intervalos adequados até que o processo de absorção estivesse completo. As amostras foram então transferidas para um forno a 37,4°C e as pesagens continuavam durante o processo de dessecação até que o equilíbrio fosse novamente estabelecido. Foram calculados o coeficiente de difusão e o ganho de água até o equilíbrio para todos os grupos. Os valores encontrados para a resina acrílica convencional estavam de acordo com aqueles encontrados previamente na literatura, e a resina de alto-impacto se apresentou bastante similar à convencional. O vinil acrílico teve o coeficiente de difusão levemente maior do que os outros acrílicos, então ganhou e perdeu peso mais rápido, conseqüentemente se equilibrou mais rápido, embora tenha absorvido muito menos água até chegar ao equilíbrio do que a resina convencional. Já o policarbonato teve coeficiente de difusão substancialmente maior, mas com ganho muito menor até o equilíbrio, com isso, ganhou e perdeu conteúdo de água muito mais baixo, substancialmente mais rápido que os outros materiais. Devido a sua relação com alterações dimensionais, é preferível que a quantidade de água absorvida por uma base de prótese seja pequena e que o ganho ou perda de água seja o mais rápido possível, assim o policarbonato parece ser o material mais satisfatório a esse respeito.

Em 1975 foi publicada uma revisão das especificações da **American Dental**

Association realizada em 1973 e que passaria a vigorar a partir de 1976. A especificação nº12 refere-se aos polímeros para base de prótese e resume os procedimentos básicos que devem ser levados a termo quando se utiliza clinicamente ou em estudos a resina acrílica para base de prótese. Para alguns ensaios realizados com a resina acrílica, esta especificação define padrões a serem seguidos, como é o caso dos ensaios de absorção de água e solubilidade. Assim, as amostras devem ter $50 \pm 1\text{mm}$ de diâmetro e $0,5 \pm 0,05\text{mm}$ de espessura, e sua obtenção deve ser a partir de uma matriz de aço inoxidável incluída em gesso ou de material de duplicação incluído em gesso, como for apropriado. A superfície em gesso que receberá o molde deve ser formada contra um vidro ou uma superfície metálica, para a obtenção de uma superfície lisa e plana. O proporcionamento e a manipulação da resina devem seguir as recomendações do fabricante. Após a polimerização, a amostra obtida terá em torno de 0,88mm de espessura, assim cada superfície deve receber o desgaste aproximado de 0,15mm de cada lado através de procedimentos de desgaste manuais ou em politriz, empregando lixas de granulações decrescentes de 120, 240, 400 e 600. As amostras devem então ser submetidas ao processo de dessecação em um dessecador contendo sulfato de cálcio anidro ou sílica gel completamente secos, a $37 \pm 2^\circ\text{C}$ por 24h, removidas a um dessecador similar à temperatura ambiente por 1h, e então pesadas com precisão de 0,2mg. Este ciclo deve ser repetido até que a perda de peso de cada amostra não seja maior que 0,5mg em 24h. As amostras devem ser imersas em água destilada a $37 \pm 1^\circ\text{C}$ por sete dias, onde então devem ser removidas da água com pinça, secas com toalha até que estejam livres de água visível, agitadas no ar por 15s e pesadas 1min após a remoção da água. O valor para absorção de

água deve ser calculado a partir da seguinte fórmula: $[\text{massa após a imersão (mg)} - \text{massa condicionada (mg)}] / \text{área superficial (cm}^2) = \text{absorção (mg/cm}^2)$. Após a última pesagem para absorção, as amostras devem ser recondicionadas à massa constante novamente em dessecador, assim como no primeiro processo. O valor para solubilidade deve ser calculado a partir da seguinte fórmula: $[\text{massa condicionada (mg)} - \text{massa recondicionada (mg)}] / \text{área superficial (cm}^2) = \text{solubilidade (mg/cm}^2)$.

HARGREAVES, em 1978, realizou um estudo clínico/laboratorial para observar o ganho de água até o equilíbrio e o comportamento da base em resina acrílica de próteses totais. A parte clínica do estudo foi avaliar as alterações dimensionais da resina acrílica em uso. A parte laboratorial, avaliar a estabilidade dimensional do polímero estudado (polihidroxietilmetacrilato), porém de ativação química, para isso foram confeccionadas bases de prova, fraturadas e reparadas com resina ativada quimicamente e após três meses de imersão em água a 37°C foi examinada a adaptação aos respectivos modelos. Os resultados do ensaio clínico mostraram contração das bases de prótese através das distâncias entre as tuberosidades para todas as próteses após seu processamento. Ocorreu um retorno às dimensões originais ou leve sobrecompensação da contração inicial após um mês de serviço em meio bucal. Medindo-se a área seccional da arcada nos modelos em gesso, todas as próteses exibiram diminuição dessa área inicialmente e subsequente aumento após exposição à água, com cada prótese mostrando estabilidade após um ou dois meses em serviço. Foi sugerido o valor de 2% de ganho de água máximo até o equilíbrio. No laboratório, as regiões de reparo expandiram após a imersão em água, mas não o suficiente para tocar a superfície de assentamento dos modelos.

CHOW *et al.*, em 1992, realizaram um estudo para verificar a influência de reforços com fibras de polietileno sobre a absorção de água de resinas acrílicas e alguns ensaios clínicos. As fibras de polietileno foram utilizadas em duas formas: paralelas e trançadas, formando estas últimas um quadrado, com as fibras a 90° umas das outras. Foram também tratadas ou não por um plasma para melhorar a resistência da interface. Para o ensaio de absorção de água, seguiram-se as recomendações da I.S.O., embora o processo de dessecação tenha sido menos extenso, consistindo apenas na armazenagem por quatro dias a 37°C em dessecador, em vácuo, contendo pentóxido de fósforo. Os resultados obtidos mostraram diminuição da absorção de água para menos da metade em resinas com reforço de fibras orientadas longitudinalmente comparadas à resina sem reforço. As pesagens que seguiram o período de um ano mostraram que a saturação é alcançada por volta de 30 dias de imersão em água. Quanto às avaliações clínicas, em períodos de avaliação variando entre 16 e 31 meses, nenhuma prótese exibiu sinal de trinca ou fratura; todas foram aceitas esteticamente pelos pacientes; apenas duas apresentaram exposição de fibras, facilmente desgastadas sem incômodo posterior ao paciente. Quanto à estabilidade, todas foram consideradas satisfatórias durante a avaliação.

RIZZATTI-BARBOSA *et al.*, em 1995, avaliaram a influência da absorção de água e do processo de polimerização por energia de microondas sobre a adaptação de próteses totais. Este experimento envolveu o uso de duas resinas: uma convencional com ligações cruzadas (Lucitone 550) e outra própria para microondas (Acron MC). A primeira foi submetida à polimerização em banho de água aquecida a 73°C por 9h e à polimerização através de microondas nos ciclos de 500W por 3min e 90W por 13min. A resina Acron MC

foi submetida aos ciclos de 500W por 3min e 90W por 13min em forno de microondas, o que resultou em cinco grupos experimentais. A primeira avaliação do grau de adaptabilidade foi realizada logo após o acabamento das próteses e a segunda após armazenagem das amostras em água destilada a $37 \pm 2^{\circ}\text{C}$, durante 30 dias. Foram realizados dois ensaios de adaptação: o primeiro consistiu no peso do material de moldagem interposto entre as bases e o modelo mestre; o segundo, na média das mensurações do espaço entre base e modelo mestre em sete posições do seu bordo posterior. Os resultados obtidos mostraram que: 1) as próteses confeccionadas com a resina Lucitone 550 processadas em microondas a 500W/3min apresentaram melhor adaptação; 2) as amostras confeccionadas com a resina Lucitone 550 processadas em banho de água, e as com a resina Acron MC processadas a 500W/3min apresentaram a pior adaptação; 3) todas as próteses apresentaram melhor adaptação após armazenagem em água; 4) as amostras que apresentaram maior diferença entre o grau de adaptação, nos períodos de pré e pós-armazenagem em água, foram as confeccionadas com a resina Lucitone 550 em banho de água e Acron MC polimerizada a 500W/3min. Ao final, os autores consideraram que mais estudos devem ser realizados sobre os ciclos de polimerização em microondas.

A absorção de água pela resina acrílica é influenciada por vários fatores como quantidade e concentração de agentes de ligação cruzada, ligações duplas não reagidas, temperatura da mensuração, método de polimerização entre outros. A fim de estudar a interação dos agentes de ligação cruzada, **ARIMA et al.**, em 1996, verificaram a absorção de água e solubilidade de uma resina acrílica em combinação a seis agentes: MMA (metilmetacrilato); EGDMA (etileno glicol dimetacrilato); DEGDMA (dietileno glicol

dimetacrilato); TriEGDMA (trietileno glicol dimetacrilato); 1,4 – BDMA (1,4 – butanodiol dimetacrilato); 1,6 – HDMA (1,6 – hexanodiol dimetacrilato) e TMPT (trimetilol propano trimetacrilato), em concentrações variando de 20 a 80% do peso. A confecção das amostras e os ensaios foram realizados de acordo com a especificação 1567 da I.S.O., sendo que o período de armazenagem em água foi de sete dias. A análise de variância para os resultados de absorção de água indicou que houve diferença significativa com a adição de todos os agentes de ligação cruzada. Os agentes: 1,4 – BDMA, 1,6 – HDMA, EGDMA e TMPT diminuíram a absorção de água com o aumento de suas concentrações, já os agentes: DEGDMA e TriEGDMA aumentaram a absorção de água significativamente com o aumento das concentrações. Com relação à solubilidade, todos os agentes apresentaram a tendência a diminuí-la com o aumento de suas concentrações, porém apenas os agentes 1,6 – HDMA, DEGDMA, TriEGDMA e TMPT o fizeram de maneira estatisticamente significativa. Os autores puderam concluir então que a natureza química do polímero versus aquela da molécula de água afetou diretamente a absorção de água da resina para base de prótese, e que os agentes de ligação cruzada diminuem a solubilidade com o aumento de suas concentrações.

Diante do grande número de resinas acrílicas reforçadas lançadas no mercado, MIETTINEN & VALLITTU, em 1996, realizaram um estudo para verificar o efeito do reforço de fibras de vidro sobre a absorção de água e solubilidade do polimetilmetacrilato. Os ensaios de absorção de água e solubilidade seguiram a especificação 1567 da I.S.O., com exceção das dimensões das amostras, que foram de 3 x 4 x 45mm, igualando-se às dimensões usadas pelos mesmos autores em estudos anteriores de liberação de monômero

residual. Para a verificação do conteúdo de fibras de vidro nas amostras, estas foram secas a 100°C por 30min e pesadas, e então o polimetilmetacrilato foi reduzido a pó a 750°C por 1h e novamente pesado, sendo o conteúdo das fibras calculado a partir do peso inicial destas amostras. O conteúdo de fibras de vidro foi de 9,61% nas amostras termopolimerizáveis e de 12,34% nas amostras autopolimerizáveis, o que equivale a 4,7% e 6,2% do volume das amostras respectivamente. Após a análise estatística, foi possível constatar que tanto o tipo de acrilato quanto a presença do reforço em fibras de vidro afetaram a absorção de água. Quanto à solubilidade, apenas a presença do reforço com fibras de vidro fez os resultados entre os grupos diferirem estatisticamente. Porém, todos os resultados encontrados tanto para absorção de água quanto para solubilidade estão de acordo com a especificação da I.S.O., o que comprova que o reforço da base de resina com fibras de vidro pode ser empregado clinicamente com segurança.

TAKAHASHI *et al.*, em 1998, iniciaram um estudo sobre absorção de água ressaltando os efeitos deletérios que esta pode causar à prótese quando ocorrer num grau muito alto, como distorções, decréscimo das propriedades mecânicas e até empenamento após várias sessões de expansão por absorção e contração por secagem da prótese. Seu estudo investigou o efeito da absorção de água em curto prazo sobre a resistência flexural ao limite proporcional de quatro reembasadores (Triad, Rebaron LC, Tokuso Rebase, Rebaron) de prótese unidos a uma resina acrílica para base de prótese (Acron) e também estudaram o efeito de duas espessuras do conjunto reembasador/base de resina (0,5:2mm e 1,5:1mm). As três condições de imersão em água foram: a) amostras em resina reembasadas após 24h de armazenagem e os ensaios realizados 24h após o reembasamento;

b) amostras em resina reembasadas 30 dias após armazenagem em água e os ensaios realizados 24h após o reembasamento; c) amostras em resina reembasadas 30 dias após armazenagem em água e os ensaios realizados 30 dias após o reembasamento. Os resultados encontrados mostraram que o aumento da duração do período de imersão em água acarretou diminuição da resistência flexural, sendo este efeito mais evidente nas amostras mais espessas. Quando os períodos de armazenagem aumentaram de 30 a 60 dias, a maioria dos materiais ensaiados apresentou diminuição da resistência flexural, sendo que apenas alguns grupos não apresentaram diferença estatística em relação aos períodos mais curtos. O aumento na espessura do reembasador provocou diminuição da resistência flexural das amostras.

WONG *et al.*, em 1999, realizaram um estudo avaliando a alteração dimensional e a absorção de água ocorrida em bases de próteses totais frente a diferentes métodos de processamento e de esfriamento da resina acrílica. Foram confeccionados três grupos de amostras, cada um polimerizado seguindo os métodos: calor seco/esfriamento em forno (polimerização em forno comum e esfriamento dentro do próprio forno por 12h após processamento); calor úmido/esfriamento lento (polimerização em banho de água aquecida e esfriamento na própria água por 36h); calor úmido/esfriamento em bancada (polimerização em banho de água aquecida, retirada da mufla e esfriamento em bancada por 12h). A alteração dimensional foi calculada através da distância entre pontos de referência pré-determinados. A absorção de água foi calculada seguindo as especificações da I.S.O. Todas as amostras apresentaram alterações dimensionais após o processamento e durante a armazenagem em água, sendo que no primeiro período a ocorrência foi de

contração e no segundo de expansão. Após o processamento, não foi observada diferença estatística de alteração dimensional dentro de cada grupo, mas sim entre os grupos, mais especificamente entre o grupo calor úmido/esfriamento em bancada e os demais. Após a saturação em água, todos os grupos se apresentaram similares. A saturação pela água representou uma recuperação de 0,04% a 0,09% da contração, dependendo do grupo. Todas as amostras seguiram o mesmo padrão para absorção de água, chegando à saturação completa por volta de 35 dias de armazenagem. Os valores médios (em porcentagem de massa) do conteúdo final de água após a saturação foram de 2,27% para calor seco/esfriamento em forno e 2,14% para os dois grupos de calor úmido. A forma de esfriamento das amostras polimerizadas em banho de água aquecida não afetou o conteúdo de água inicial nem após saturação. Cabe ressaltar ainda que a expansão proporcionada pela absorção de água, mesmo após a saturação, não compensa totalmente a contração ocorrida durante a polimerização.

EL-HADARY & DRUMMOND, em 2000, conduziram um estudo avaliando absorção de água, solubilidade e resistência de união à tração de dois *soft-liners*. Para cada material, as amostras foram divididas em grupos de oito, que foram ensaiados nos períodos de uma, quatro e seis semanas, sendo estes grupos subdivididos em dois: a) amostras de uso único, onde as pesagens eram feitas e a amostra descartada; b) amostras contínuas, onde após a pesagem a amostra voltava à armazenagem. O ensaio de resistência foi realizado 48h após seu processamento para metade das amostras, e para outra metade, após 12 semanas de armazenagem em água. Os resultados encontrados mostraram para Permasoft processado em laboratório e ativado quimicamente, respectivamente, maiores valores de

solubilidade (1,50% e 1,42%) e absorção (2,45% e 1,76%) do que o Luci-soft (0,17% - solubilidade e 0,41% - absorção) após seis semanas de armazenagem. Para resistência de união à tração, não houve diferença estatística entre cada controle e sua respectiva amostra ensaiada após 12 semanas. Os autores descreveram na metodologia deste trabalho duas importantes fórmulas a serem utilizadas no momento do cálculo dos valores percentuais de absorção de água e solubilidade, tanto para *soft-liners* quanto para resinas acrílicas, como seguem:

$$\text{Absorção percentual} = \frac{(W2 - W3)}{W1} \times 100\%$$

onde: - W1 = massa inicial da amostra após a primeira dessecação;

- W2 = massa da amostra após sua saturação;

- W3 = massa da amostra após a segunda dessecação.

$$\text{Solubilidade percentual} = \frac{(W1 - W3)}{W1} \times 100\%$$

onde: - W1 = massa inicial da amostra após a primeira dessecação;

- W3 = massa da amostra após a segunda dessecação.

3. PROPOSIÇÃO

O propósito deste estudo foi avaliar a influência de dois tipos de polimento:

- **mecânico**
- **químico**

sobre as propriedades:

- **rugosidade superficial**
- **absorção de água**
- **solubilidade**

de quatro resinas acrílicas ativadas termicamente:

- **Clássico** (polimerização convencional com ciclo longo)
- **QC 20** (polimerização convencional com ciclo curto)
- **Acron MC** (polimerização por energia de microondas)
- **Onda Cryl** (polimerização por energia de microondas)

sendo que para absorção de água foram avaliados os tempos: a) 1h; b) 1 dia; c) 1 semana; d) 2 semanas; e) 3 semanas e f) 4 semanas de armazenagem.

Ao final, as superfícies das diferentes resinas submetidas a cada polimento foram ilustradas através de fotomicrografias obtidas em microscopia eletrônica de varredura.

4. METODOLOGIA

4.1. MATERIAIS

Na realização deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais, especificados no QUADRO 1 e ilustrados nas FIG. 1, 2 e 3.

QUADRO 1 - Material, nome comercial, fabricante e composição.

MATERIAL	NOME COMERCIAL / FABRICANTE	COMPOSIÇÃO *
Resina acrílica termopolimerizável – pó	Clássico / Artigos Odontológicos Clássico Ltda	Polímero de metilmetacrilato
Resina acrílica termopolimerizável – líquido	Clássico / Artigos Odontológicos Clássico Ltda	Monômero metilmetacrilato
Resina acrílica termopolimerizável – pó	QC 20 / Dentsply Ind. e Com. Ltda	Co-polímero metil/n-butil metacrilato Peróxido de benzoíla Corantes minerais
Resina acrílica termopolimerizável – líquido	QC 20 / Dentsply Ind. e Com. Ltda	Metacrilato de metila Etileno glicol dimetacrilato Terpinolene N,N dimetil p-toluidina Metil éter de hidroquinona
Resina acrílica termopolimerizável em microondas – pó	Acron MC / GC America Inc	Polimetilmetacrilato Peróxido de benzoíla Pigmentos
Resina acrílica termopolimerizável em microondas – líquido	Acron MC / GC America Inc	Metilmetacrilato Metacrilato difuncional Amina terciária
Resina acrílica termopolimerizável em microondas – pó	Onda Cryl / Artigos Odontológicos Clássico Ltda	Co-polímero de MMA/EA DBP Peróxido de benzoíla
Resina acrílica termopolimerizável em microondas – líquido	Onda Cryl / Artigos Odontológicos Clássico Ltda	Monômero MMA Topanol Etileno glicol dimetacrilato
Fluido para polimento químico	Poli – Quim / Artigos Odontológicos Clássico Ltda	Líquido inflamável a base de monômero metilmetacrilato

* Informações fornecidas pelo fabricante.



FIGURA 1 - Materiais utilizados: resina QC 20, polímero (A) e monômero (B); resina Clássico, polímero (C) e monômero (D).



FIGURA 2 - Materiais utilizados: resina Acron MC, polímero (E) e monômero (F); resina Onda Cryl, polímero (G) e monômero (H).



FIGURA 3 - Material utilizado: fluido para polimento químico Poli – Quim.

4.2. MÉTODO

4.2.1. CONFECÇÃO DAS MATRIZES

Foram confeccionadas 10 matrizes circulares em acetato (FIG. 4 - C), medindo $50 \pm 1\text{mm}$ de diâmetro e $0,50 \pm 0,05\text{mm}$ de espessura, seguindo a especificação nº12 da A.D.A. para resinas acrílicas.

4.2.2. CONFECÇÃO DAS AMOSTRAS

4.2.2.1. Inclusão das matrizes

As matrizes previamente isoladas com vaselina sólida foram incluídas em gesso utilizando muflas metálicas para polimerização convencional (DCL nº5,5) e muflas próprias para polimerização por energia de microondas (Artigos Odontológicos Clássico Ltda). A parte interna das muflas foi isolada com vaselina sólida. A parte inferior das muflas foi preenchida com gesso pedra Tipo III (Herodent), na proporção de 100g de pó para 30mL de água, espatulado a vácuo (espatulador a vácuo – Degussa) durante 20s e vertido sob vibração. Com o gesso na consistência fluida, foi colocada uma placa de vidro sobre a base da mufla, com o objetivo de obter uma superfície de gesso nivelada e lisa. Após a presa do gesso, sua superfície foi isolada com vaselina sólida, que serviu também, na seqüência, para manter a matriz de acetato em posição. Em seguida, a contra-mufla foi adaptada sobre a mufla e preenchida com gesso pedra Tipo III (Herodent), proporcionado, espatulado e vertido nas condições descritas anteriormente. Após o posicionamento da

tampa, as mufas permaneceram em prensa de bancada durante 1h, após o que foram abertas e as matrizes retiradas, obtendo-se assim o molde em gesso (FIG. 4).

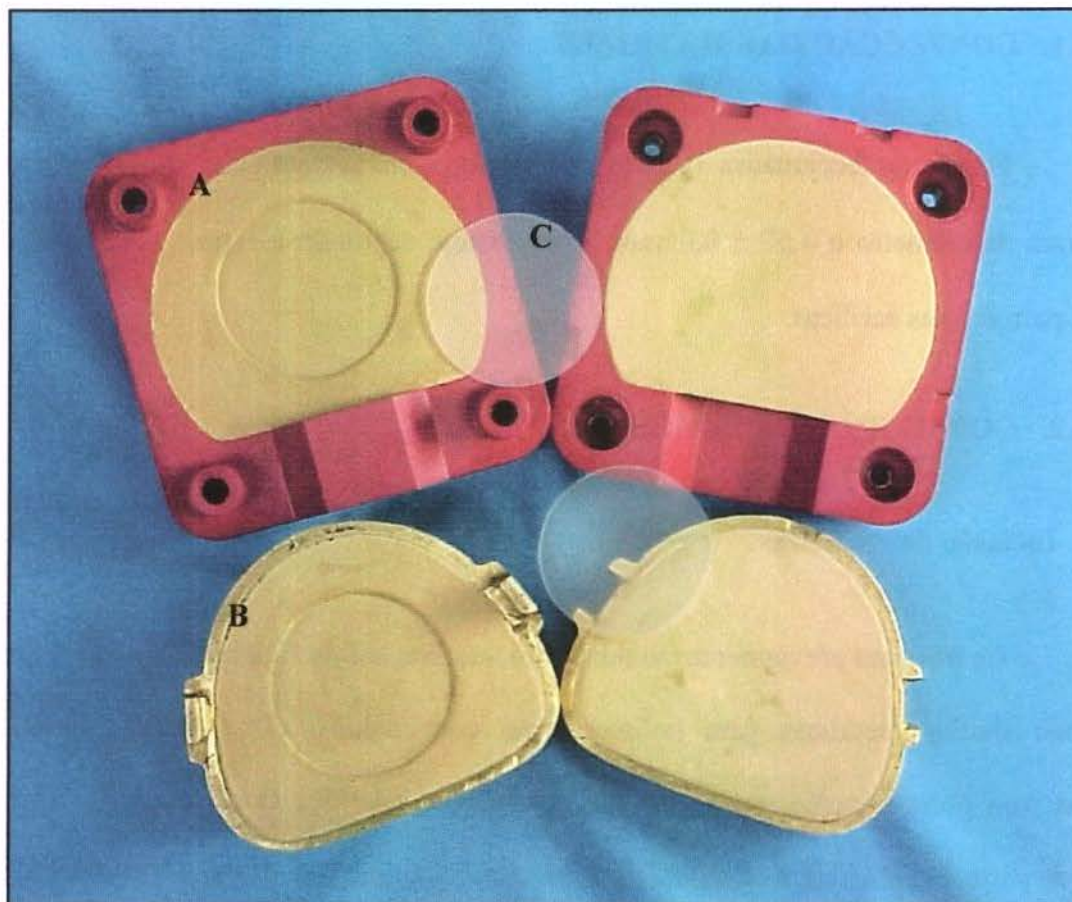


FIGURA 4 - Moldes em gesso: A - mufla para microondas e B - mufla metálica. C – Matriz em acetato.

4.2.2.2. Preparo das amostras

Após a remoção das matrizes em acetato, as superfícies em gesso foram lavadas com água corrente e detergente, para eliminação da vaselina. Após secagem das superfícies, todos os moldes foram cobertos com isolante para resina acrílica (Cel-Lac - S.S.White) e as resinas acrílicas ativadas termicamente, proporcionadas e manipuladas de acordo com as instruções dos fabricantes. As proporções polímero/monômero para cada tipo de resina

foram: 21cc/7mL (Clássico); 23g/10mL (QC 20); 30cc/9mL (Acron MC); 21cc/7mL (Onda Cryl). A prensagem das resinas foi realizada na fase plástica, com exceção da Onda Cryl, indicada para prensagem na fase fibrilar. As resinas acrílicas Clássico e QC 20 foram incluídas em muflas metálicas, e as resinas Acron MC e Onda Cryl em muflas para microondas. Após as inclusões, as muflas foram colocadas em prensa hidráulica (FIG. 5), sendo em seguida colocadas em prensas de rosca, com exceção das muflas para microondas, parafusadas durante a prensagem. O tempo decorrido entre prensagem das resinas e início do ciclo de polimerização foi de 1h para todos os grupos (KIMPARA & MUENCH, 1996).

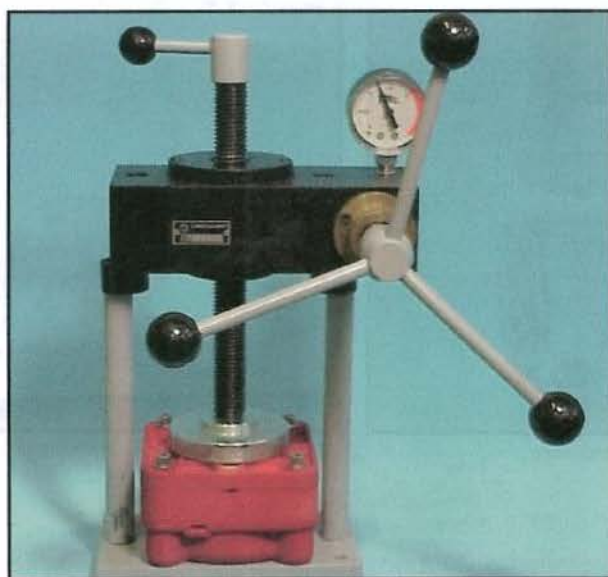


FIGURA 5 - Mufla para microondas posicionada em prensa hidráulica.

Na sequência, cada resina acrílica foi polimerizada pelo ciclo indicado pelos fabricantes: para a resina Clássico, imersão em água a $74 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 9h em termopolimerizadora (Termotron) (FIG. 6); para a resina QC 20, imersão durante 20min em

água em ebulição. As muflas para microondas foram levadas ao forno (Continental - modelo AW – 42, 2450MHz de frequência, 900W de potência máxima) (FIG. 7), submetidas ao ciclo de polimerização de 3min a 500W de potência para a resina acrílica Acron MC e o ciclo de 3min a 40% de potência, 4min à 0% de potência (pausa) e 3min a 60% de potência para a resina Onda Cryl. Para evitar o superaquecimento do tubo de magnetron do forno de microondas durante os processos de polimerização, foi colocado no seu interior um recipiente de vidro contendo água (GETTLEMAN *et al.*, 1977). Em seguida, as muflas foram deixadas esfriar lentamente em bancada até atingirem a temperatura ambiente.



FIGURA 6 – Termopolimerizadora.



FIGURA 7 - Forno de microondas.

Foram confeccionadas 20 amostras para cada resina, perfazendo 80 amostras.

4.2.2.3. Acabamento das amostras

Após a desinclusão, as amostras foram submetidas ao processo de acabamento, eliminando as irregularidades grosseiras com broca de tungstênio em baixa rotação, e regularizando as superfícies com lixas d'água de óxido de alumínio em ordem decrescente

de granulação (320, 400 e 600), em politriz horizontal (Arotec Modelo APL-4) com refrigeração à água (FIG. 8).

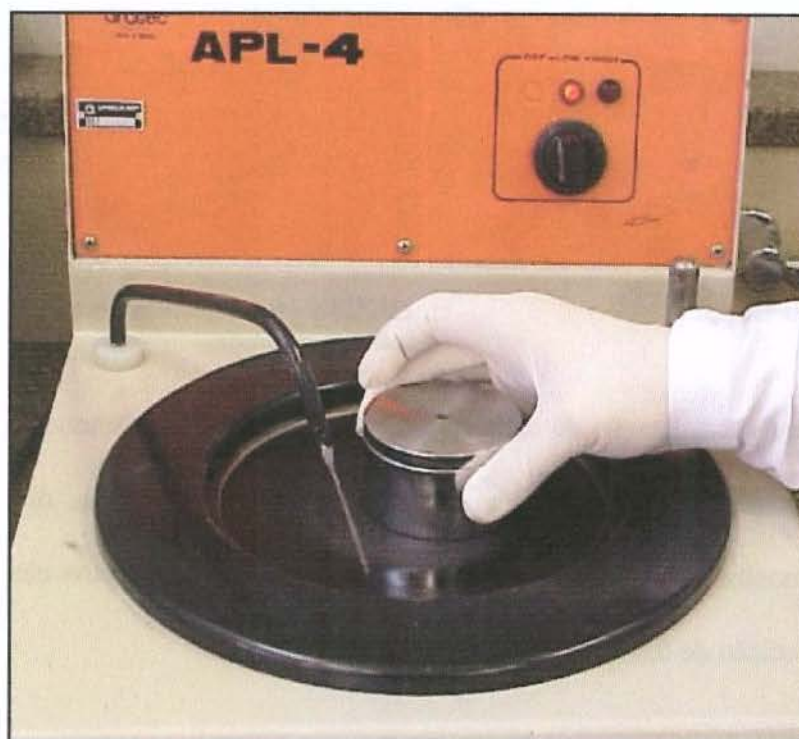


FIGURA 8 - Processo de acabamento em politriz horizontal.

Para a padronização da espessura de cada amostra, foi confeccionado um suporte cilíndrico em aço (FIG. 9 e 10), que apresentava na parte superior uma depressão com diâmetro semelhante ao das amostras, permitindo seu encaixe preciso, sua profundidade (0,25mm) porém, correspondia à metade da espessura das amostras (0,5mm).

O objetivo do cilindro de aço consistiu não só em padronizar a espessura final da amostra após os procedimentos de acabamento, mas também mantê-la em posição, evitando seu deslocamento em lateralidade. Este suporte apresentava peso suficiente para exercer a pressão necessária sobre a amostra, dispensando a necessidade de exercer pressão manual e qualquer inclinação eventualmente causada por esta pressão.



FIGURA 9 - Suporte em aço.



FIGURA 10 - Suporte em aço com a amostra em resina posicionada.

Ao final da aplicação de cada lixa, as amostras foram submetidas à limpeza em aparelho ultrassônico (Thornton Modelo T7) contendo água destilada, durante 2min. A espessura das amostras foi controlada com o auxílio de um paquímetro eletrônico digital (Starret), com precisão de 0,01mm.

4.2.2.4. Polimento das amostras

Para receberem o tratamento de polimento superficial, cada grupo de amostras, de acordo com o tipo de resina acrílica, foi subdividido em dois novos grupos: um recebeu o polimento mecânico, e outro o químico.

O polimento mecânico foi realizado em torno de bancada (Nevoni), utilizando escova macia com pasta de pedra-pomes (Herjos) e água (FIG. 11), seguida por roda de flanela com pasta de branco de espanha (K. Dent) e água (FIG. 12) (ULUSOY *et al.*, 1986). Para controlar a pressão exercida durante o polimento, foi confeccionado um suporte em madeira onde se encaixou o conjunto cilindro de aço/amostra, padronizando sua altura

em relação às rodas de polimento, permitindo que estas agissem sobre a amostra sempre com a mesma pressão em todas as direções. A limpeza das amostras foi realizada em aparelho ultra-sônico como descrito previamente.



FIGURA 11 - Polimento com escova macia, pasta de pedra-pomes e água.

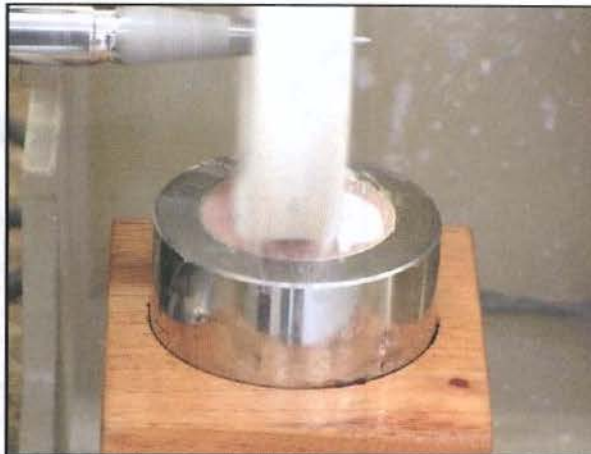


FIGURA 12 - Polimento com roda de flanela, pasta de branco de espanha e água.

O polimento químico foi realizado em polidora química (Termotron - modelo PQ-9000) (FIG. 13), com fluido Poli Quim (Artigos Odontológicos Clássico Ltda). De acordo com as instruções do fabricante, as amostras foram imersas no fluido para polimento aquecido à temperatura de aproximadamente 75°C, durante 10s (FIG. 14). Em seguida foram retiradas, deixadas em temperatura ambiente por 15s e lavadas em água corrente durante 1min para eliminação do excesso de fluido para polimento (FIG. 15).

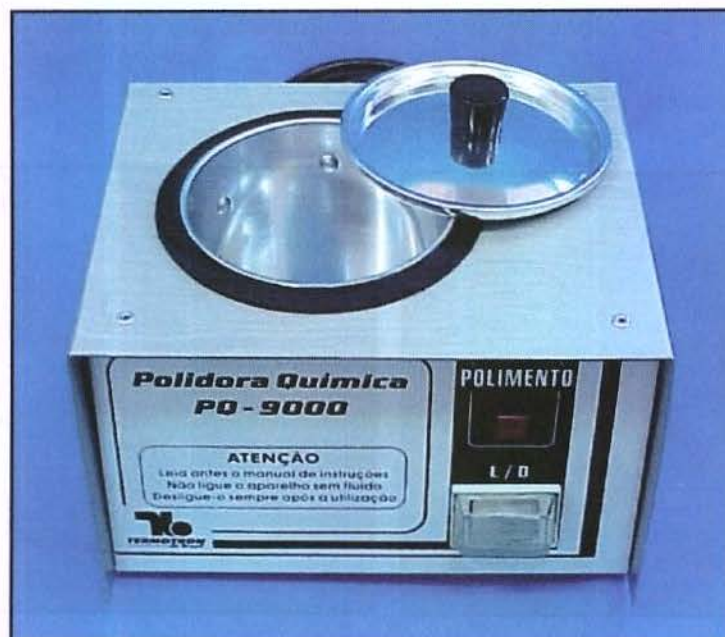


FIGURA 13 - Polidora química Termotron.



FIGURA 14 - Imersão da amostra em fluido para polimento químico.

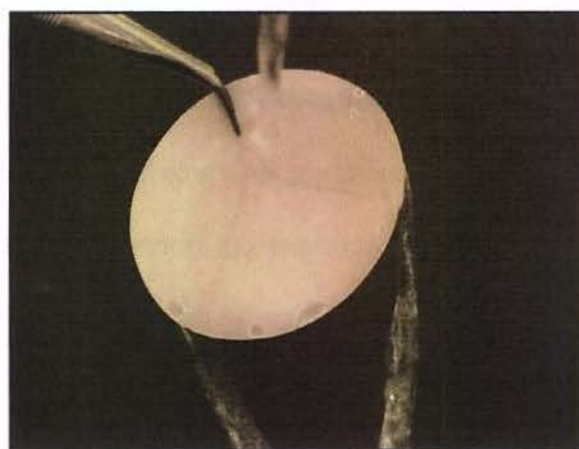


FIGURA 15 - Lavagem da amostra em água corrente.

No QUADRO 2, encontram-se relacionados os grupos de amostras obtidos após toda a sequência de preparo das mesmas, com sua nomenclatura, resina e tipo de polimento.

QUADRO 2 - Grupos, nomenclaturas, resinas e polimentos.

GRUPOS	NOMENCLATURA	RESINA	POLIMENTO
1	CL – PM	Clássico	Mecânico
2	CL – PQ	Clássico	Químico
3	QC – PM	QC 20	Mecânico
4	QC – PQ	QC 20	Químico
5	AC – PM	Acron MC	Mecânico
6	AC – PQ	Acron MC	Químico
7	ON – PM	Onda Cryl	Mecânico
8	ON – PQ	Onda Cryl	Químico

Todas as amostras foram numeradas e submetidas ao ensaio de rugosidade superficial, sendo posteriormente preparadas para os ensaios de absorção de água e solubilidade. Na FIG. 16 encontram-se exemplos de amostras submetidas aos polimentos mecânico e químico.

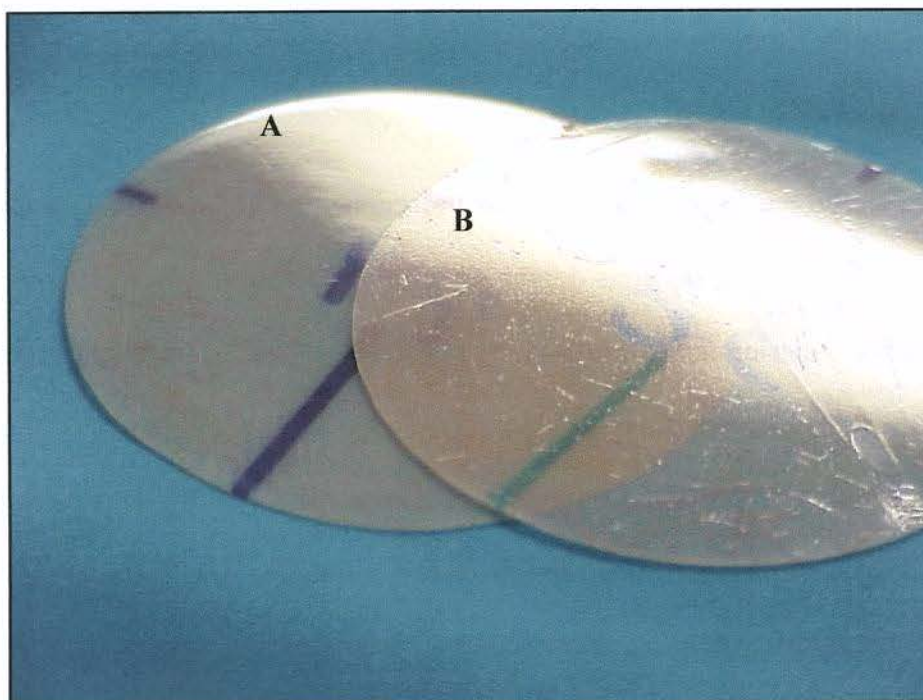


FIGURA 16 – Amostras submetidas ao polimento mecânico (A) e ao polimento químico (B).

4.3. ENSAIO DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

As amostras foram submetidas à análise de rugosidade superficial em rugosímetro Surfscorder SE 1700 (Kosaka - Laboratory Ltda.). Para a obtenção dos valores médios de rugosidade superficial (R_a) de cada amostra, foram obedecidas as seguintes padronizações de leitura:

Padrão: ANSI

Cut-off: 0,25mm

Filtro: Gaus

Comprimento da leitura: 1,25mm

Pré e pós-leitura: 0,5mm

Velocidade média de leitura: 0,5mm/s

Modo de leitura: seqüencial

Raio de ação: 80 μ m

O cilindro em aço utilizado para os procedimentos de acabamento e polimento serviu como suporte para as amostras durante as leituras de rugosidade, sendo que em sua superfície externa superior foram feitas seis marcações que serviram como guia para o posicionamento da amostra durante a leitura, que pode ser visualizado na FIG. 17. As amostras receberam um traçado coincidindo com seu raio, que foi o referencial para posicioná-las corretamente. Em cada posição foram realizadas três leituras seqüenciais, cada uma delas possuindo cinco comprimentos de amostragem (cut-off) de 0,25mm. Desse

modo, em cada amostra foram realizadas 90 leituras de 0,25mm, perfazendo 22,5mm de leitura. Na FIG. 18 observa-se um *close* da leitura em rugosímetro.

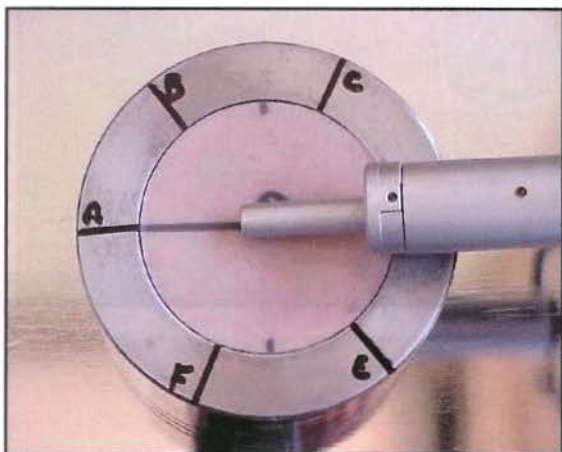


FIGURA 17 – Suporte com seis posições para leitura.



FIGURA 18 - Leitura em rugosímetro.

4.4. ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

4.4.1. Dessecação das amostras

Como preparo para os ensaios de absorção de água e solubilidade, todas as amostras foram submetidas ao processo de dessecação, seguindo a especificação nº12 da A.D.A. O processo consistiu na armazenagem das amostras em dessecador de vidro, contendo sílica coloidal e fechado a vácuo, em estufa (FANEM - modelo ORION 502) a $37 \pm 1^\circ\text{C}$, durante 24h (FIG. 19).



FIGURA 19 - Estufa para dessecação e armazenagem das amostras.

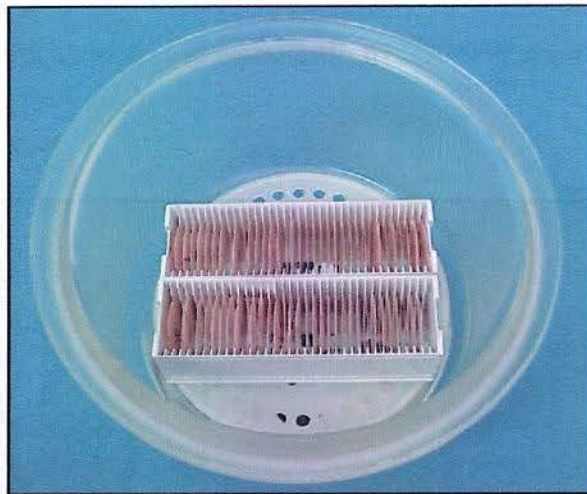


FIGURA 20 - Dessecador contendo as amostras em resina.

Em seguida, o dessecador foi removido da estufa e permaneceu em temperatura ambiente controlada em $23 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 1h (FIG. 20), sendo as amostras pesadas em balança analítica (OHAUS - modelo AP 250 D, com precisão de $\pm 0,1\text{mg}$). Este ciclo foi repetido até que a diminuição de peso de cada amostra fosse menor que 0,5mg em um período de 24h. A partir de então, foram armazenadas em água destilada a $37 \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante todo o período para as mensurações de absorção de água.

4.4.2. Mensurações

Para a mensuração do grau de absorção de água das resinas acrílicas, cada amostra foi novamente pesada em balança analítica, em seis tempos assim determinados:

T1= após 1h de armazenagem;

T2= após um dia de armazenagem;

T3= após uma semana de armazenagem;

T4= após duas semanas de armazenagem;

T5= após três semanas de armazenagem;

T6= após quatro semanas de armazenagem.

Em cada um desses tempos as mesmas amostras eram removidas da água, secas com papel toalha até que ficassem livres de qualquer resquício visível de água em sua superfície. As amostras foram levadas à balança analítica para as pesagens sempre 1min após sua remoção da água (JAGGER, 1978).

A área da superfície de cada amostra foi calculada com o auxílio de um paquímetro digital para mensuração do diâmetro da mesma e posterior cálculo da área. Isto para que pudesse ser aplicada a fórmula de determinação da absorção de água, descrita pela especificação nº12 da A.D.A.:

$$\text{Absorção (mg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{massa após a imersão (mg)} - \text{massa condicionada (mg)}}{\text{área superficial (cm}^2\text{)}}$$

onde:

- massa após imersão refere-se à massa da amostra após cada período de armazenagem determinado;
- massa condicionada refere-se à massa constante da amostra após a dessecação inicial;
- área superficial = $\pi \cdot r \text{ (raio)}^2$.

Para a obtenção de valores percentuais de absorção de água, foi aplicada a fórmula descrita por **EL-HADARY & DRUMMOND**, em 2000:

$$\text{Absorção percentual} = \frac{(W2 - W3)}{W1} \times 100\%$$

onde:

- W1 = massa inicial da amostra após a primeira dessecação;
- W2 = massa da amostra após sua saturação;
- W3 = massa da amostra após a segunda dessecação.

4.5. ENSAIO DE SOLUBILIDADE

Para determinação do grau de solubilidade das amostras, todas foram submetidas a novo processo de dessecação, igual ao descrito anteriormente. Assim, foi aplicada a fórmula de solubilidade de resinas acrílicas, descrita pela especificação nº12 da A.D.A.:

$$\text{Solubilidade (mg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{massa condicionada (mg)} - \text{massa recondicionada (mg)}}{\text{área superficial (cm}^2\text{)}}$$

onde:

- massa condicionada refere-se à massa constante da amostra após a dessecação inicial;
- massa recondicionada refere-se à massa constante da amostra após a dessecação final;
- área superficial = $\pi \cdot r \text{ (raio)}^2$.

Para a obtenção de valores percentuais de solubilidade, foi aplicada a fórmula descrita por **EL-HADARY & DRUMMOND**, em 2000:

$$\text{Solubilidade percentual} = \frac{(W1 - W3)}{W1} \times 100\%$$

onde:

- W1 = massa inicial da amostra após a primeira dessecação;
- W3 = massa da amostra após a segunda dessecação.

4.6. OBSERVAÇÃO AO MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA (M.E.V.)

Após a realização dos ensaios de rugosidade superficial, absorção de água e solubilidade, uma amostra de cada grupo, caracterizada por apresentar valores intermediários de rugosidade superficial, foi selecionada e preparada para análise ao M.E.V. (Leo 435 VP – Leo Electron Microscopy Ltda), com o intuito de ilustrar as características microscópicas das superfícies de resina acrílica obtidas após os polimentos químico e mecânico nas resinas estudadas.

Para tanto, um pedaço de aproximadamente 1cm^2 de cada amostra foi recortado e fixado em suporte (stub), para levar a amostra ao microscópio. Esta fixação das amostras aos stubs foi realizada com fita adesiva contendo carbono e em seguida foram submetidas ao processo de metalização com ouro, estando assim prontas para análise microscópica (FIG. 21).

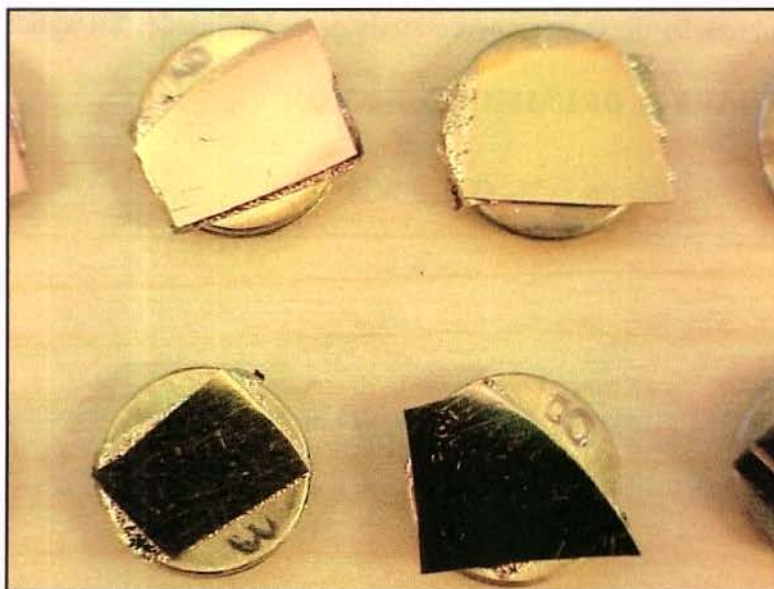


FIGURA 21 - Amostras em resina montadas em stubs e metalizadas.

As padronizações seguidas para observação ao M.E.V. constavam de:

Tensão: 20Kv

Corrente de emissão de elétrons: 60Mj

Diâmetro do feixe: médio

Aumentos: 500 e 1000x

5. RESULTADOS

5.1. ANÁLISE DA VARIÂNCIA E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE DE TUKEY PARA OS ENSAIOS DE SOLUBILIDADE E RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A análise da variância para solubilidade e rugosidade superficial para cada tipo de polimento encontra-se na TAB. 1.

TABELA 1 - Análise da variância e teste F para **solubilidade** (mg/cm²) e **rugosidade superficial** (μm).¹

Causas da Variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS			
		SOLUBILIDADE		RUGOSIDADE	
		Pol. Mecânico	Pol. Químico	Pol. Mecânico	Pol. Químico
Resinas	3	0,00300019**	0,03471994**	0,00003660 ^{ns}	0,02553932*
Resíduo	36	0,00024322	0,00412996	0,00015091	0,00918733
Total	39	-	-	-	-

** = 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% ($\alpha > 0,05$);

Pela TAB. 1, pode-se observar que os tipos de resinas no ensaio de solubilidade diferiram estatisticamente entre si, em ambos os polimentos (ao nível de 1%), enquanto que

¹Serão apresentados na tabela de análise da variância apenas os graus de liberdade e os quadrados médios, já que as somas de quadrados relativas 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.

Resultados

para rugosidade superficial, o teste F acusou diferença significativa (ao nível de 5%) entre os tipos de resina, apenas para o polimento químico.

O detalhamento da análise para as propriedades de solubilidade e rugosidade superficial foi realizado através do teste de Tukey, comparando as médias das resinas. Na TAB. 2 são apresentadas as médias de solubilidade e rugosidade superficial, dentro do fator polimento (mecânico e químico), bem como o teste de Tukey para compará-las.

TABELA 2 - Médias de **solubilidade** (mg/cm^2) e **rugosidade superficial** (μm), obtidas pelas resinas dentro dos polimentos estudados.

RESINAS	SOLUBILIDADE		RUGOSIDADE	
	Pol. Mecânico	Pol. Químico	Pol. Mecânico	Pol. Químico
Clássico	0,0071 ^a	0,2450 ^a	0,0350 ^a	0,2298 ^{ab}
QC 20	-0,0221 ^b	0,1215 ^b	0,0307 ^a	0,1792 ^b
Acron MC	-0,0326 ^b	0,1848 ^{ab}	0,0312 ^a	0,2700 ^{ab}
Onda Cryl	-0,0243 ^b	0,1227 ^b	0,0321 ^a	0,2949 ^a

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Pela TAB. 2 observa-se que os resultados do teste de Tukey confirmaram os do teste F da análise de variância, pois as médias das resinas diferiram estatisticamente para solubilidade para os dois tipos de polimento: a resina Clássico apresentou a maior média numérica de solubilidade nos dois polimentos, não diferindo pelo teste de Tukey apenas da resina Acron MC para o polimento químico. As menores médias numéricas de solubilidade foram obtidas pelas resinas Acron MC no polimento mecânico, e QC 20 no químico, as quais diferiram da Clássico em ambos os polimentos.

Para rugosidade superficial, as médias de apenas duas resinas diferiram estatisticamente entre si para o polimento químico: a resina Onda Cryl obteve a maior média, diferindo da QC 20, que apresentou a menor. No polimento mecânico, embora não

Resultados

tenha ocorrido diferença significativa, a resina QC 20 apresentou a menor média numérica, enquanto a Clássico ficou com a maior.

Esses resultados são visualizados na FIG. 22, onde observamos a diferença entre as médias das resinas para solubilidade e rugosidade superficial com um polimento e com outro, tendo o polimento mecânico apresentado médias muito inferiores às do químico.

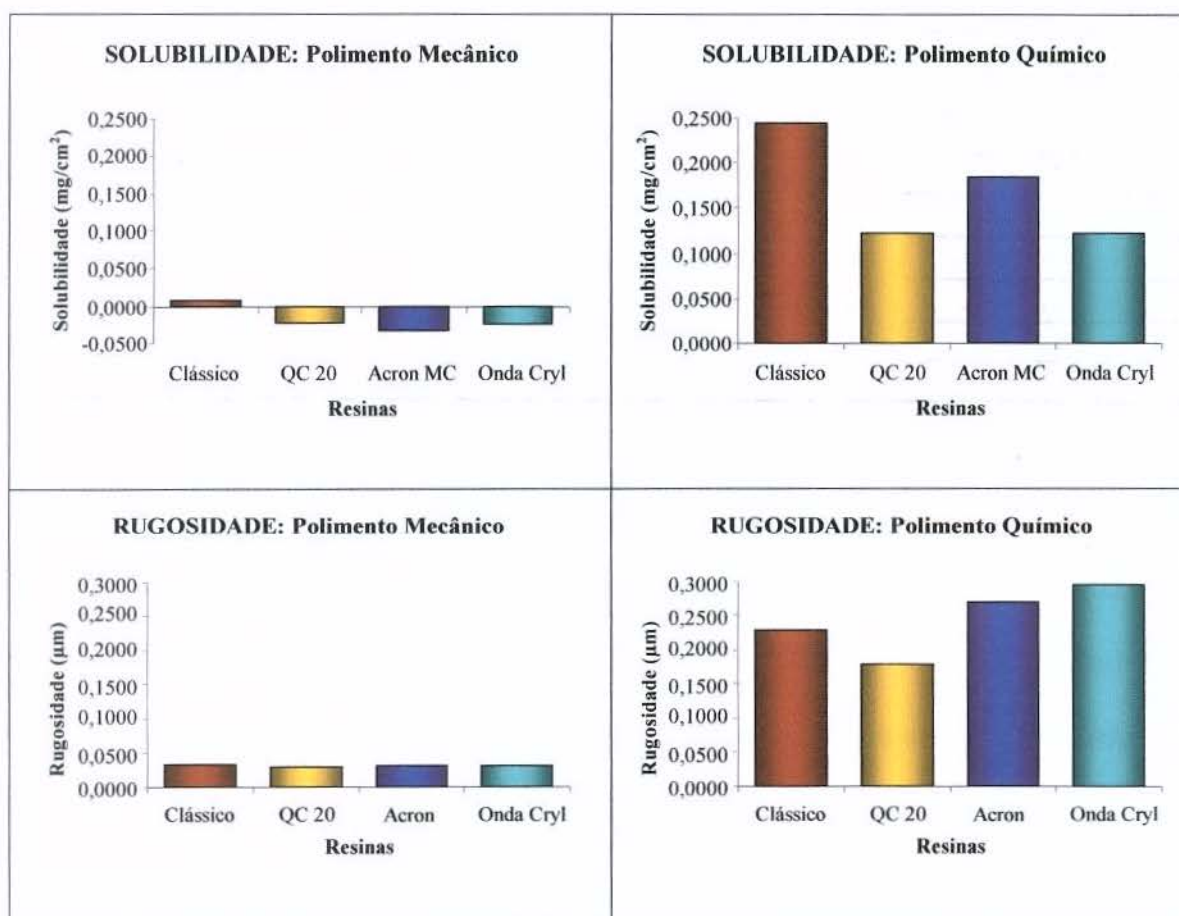


FIGURA 22 - Médias de **solubilidade** (mg/cm²) e **rugosidade** (µm), para cada tipo de resina e polimento estudados.

5.2. ANÁLISE DA VARIÂNCIA E COMPARAÇÃO DE MÉDIAS ATRAVÉS DO TESTE DE TUKEY E ANÁLISE DE REGRESSÃO PARA O ENSAIO DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

Resultados

A TAB. 3 mostra a análise de variância para o ensaio de absorção de água no tempo de 1h, e nos demais (1 dia, 1, 2, 3 e 4 semanas).

TABELA 3 – Análise da variância e teste F para **absorção de água** no tempo de 1h, e nos demais (1 dia, 1, 2, 3 e 4 semanas).

Causas da Variação	G.L.	QUADRADOS MÉDIOS	
		1h	1 dia ou mais
Resinas	3	0,04059422**	1,53339392**
Polimentos	1	0,00345686*	0,18941466 ^{ns}
Resinas×Polimentos	3	0,00005634 ^{ns}	0,06331106 ^{ns}
Resíduo (A)	72	0,00062718	0,09550133
Parcelas	(79)	-	-
Tempos	4	-	0,04378695**
Resinas×Tempos	12	-	0,00415051**
Polimentos×Tempos	4	-	0,04737663**
Res.×Pol.×Tempos	12	-	0,00181738**
Resíduo (B)	288	-	0,000299968
Total	399	-	-

** = 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% ($\alpha > 0,05$);

Na TAB. 3 observa-se que no tempo de 1h, os fatores resina e polimento foram significativos pelo teste F ao nível de 1% e 5%, respectivamente, enquanto a interação entre essas duas causas de variação não foi significativa considerando-se um nível de significância de 5%, isto é, o efeito do tipo de resina sobre a absorção de água independe do tipo de polimento utilizado e vice-versa. Pode-se verificar, também, que para um dia ou mais, o teste F da análise da variância acusou significância ao nível de 1% para todos fatores estudados, à exceção dos polimentos e da interação destes com as resinas, que não foram significativos.

Para o tempo de 1h, mesmo a interação entre resinas e polimentos não tendo sido significativa, procedeu-se o detalhamento da análise comparando-se as quatro resinas e

Resultados

os dois polimentos, independentemente, e as resinas dentro dos tipos de polimento, pelo teste de Tukey. Essa comparação é apresentada na TAB. 4.

TABELA 4 – Médias (mg/cm²) apresentadas pelas resinas, tipos de polimentos e resinas dentro de cada polimento, para o ensaio de **absorção de água** no tempo de 1h.

RESINAS	Polimentos						Média/Resina	
	Mecânico			Químico				
	Clássico	0,3727	a	A	0,3888	a	A	0,3808
QC 20	0,3645	a	A	0,3729	a	A	0,3687	ab
Acron MC	0,2737	b	A	0,2885	b	A	0,2811	c
Onda Cryl	0,3521	a	A	0,3654	a	A	0,3587	b
Média/Polimento	0,3407		B	0,3539		A		

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.
Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Pela TAB. 4, nota-se que, confirmando o resultado da análise da variância, as resinas se comportaram de maneira semelhante dentro de cada tipo de polimento, sendo a média da Acron MC significativamente diferente e menor quando combinada com os dois tipos de polimento. No geral, quando se consideraram as resinas independentes do tipo de polimento, a resina Clássico apresentou a maior média de absorção de água no tempo de 1h, não diferindo estatisticamente apenas da resina QC 20, enquanto a resina Acron MC apresentou a menor média, diferindo das demais pelo teste de Tukey. Quanto aos polimentos, independentemente das resinas, o mecânico apresentou a menor média sendo significativamente diferente do químico, pelo teste de Tukey. A FIG. 23 ilustra esse comportamento.

Resultados

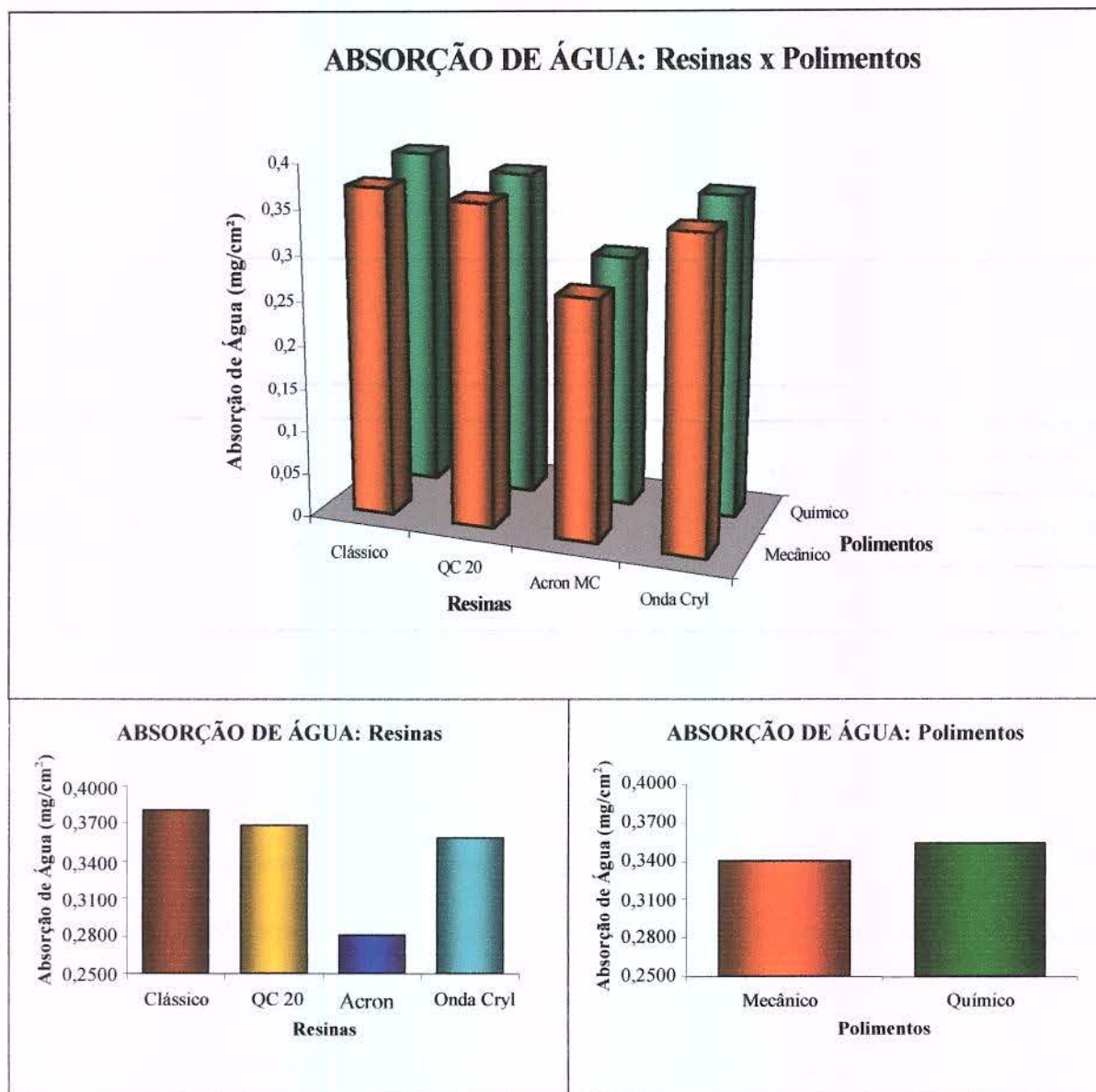


FIGURA 23 - Médias de **absorção de água** (mg/cm²), devidas à interação resinas x polimentos, e devidas à cada tipo de resina e cada polimento, independentemente, no tempo de 1h.

Para a análise de um dia ou mais, já que a interação tripla (res. × pol. × temp.) foi significativa, indicando que os resultados das resinas são dependentes das combinações dos níveis de polimento e tempo, ou os dos polimentos são dependentes das combinações dos níveis de resina e tempo, ou dos tempos são dependentes das combinações dos níveis de resina e polimento, procedeu-se o detalhamento da análise através do estudo de um fator

Resultados

dentro da combinação dos níveis dos outros dois fatores. A TAB. 5 mostra a comparação, pelo teste de Tukey, das médias das resinas dentro dos níveis de polimento e tempo, e das médias dos polimentos dentro dos níveis de resina e tempo, para o ensaio de absorção de água.

TABELA 5 - Comparação das médias (mg/cm²) de resinas dentro dos polimentos e tempos, e das médias de polimentos dentro de resinas e tempos, pelo teste de Tukey, para **absorção de água** nos tempos de 1 dia até 4 semanas.

Tempos	Polimentos	Resinas											
		Clássico			QC 20			Acron MC			Onda Cryl		
1 dia	Mecânico	0,8135	c	A	1,0458	ab	A	1,1129	a	A	0,9412	bc	A
	Químico	0,8868	b	A	1,0872	a	A	1,0760	a	A	0,9826	ab	A
1 semana	Mecânico	0,8229	c	A	1,0654	ab	A	1,1334	a	A	0,9638	bc	A
	Químico	0,8222	b	A	1,0699	a	A	1,0373	a	A	0,9669	ab	A
2 semanas	Mecânico	0,8135	c	A	1,0674	ab	A	1,1321	a	A	0,9566	bc	A
	Químico	0,7642	b	A	1,0431	a	A	0,9998	a	B	0,9408	a	A
3 semanas	Mecânico	0,8096	c	A	1,0609	ab	A	1,1165	a	A	0,9517	bc	A
	Químico	0,7184	b	A	1,0189	a	A	0,9677	a	B	0,9211	a	A
4 semanas	Mecânico	0,8112	b	A	1,0662	a	A	1,1066	a	A	0,9604	ab	A
	Químico	0,7019	b	A	1,0195	a	A	0,9361	a	B	0,9207	a	A

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas, nas linhas (resinas), não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Médias seguidas das mesmas letras maiúsculas, nas colunas (polimentos), dentro de cada tempo, não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Observa-se, pela TAB. 5, que ocorreram diferenças significativas entre os dois polimentos apenas dentro da resina Acron MC e da segunda semana em diante, sendo que o polimento mecânico apresentou as maiores médias nessas situações. Na comparação das resinas, verifica-se que a resina Clássico apresentou a menor média numérica em todas as situações (combinação dos níveis de polimento e tempo). Nota-se claramente, que a resina Acron MC mostrou-se com os maiores valores numéricos de absorção de água no polimento mecânico em todos os tempos, enquanto que a resina QC 20 ficou com as maiores médias numéricas de absorção, em todos os tempos, quando se utilizou do

Resultados

polimento químico, embora nos tempos duas, três e quatro semanas o polimento mecânico tenha lhe proporcionado maior média que o químico. Salienta-se que as médias das resinas Acron MC e QC 20 não diferiram significativamente pelo teste de Tukey em nenhuma situação. Esses resultados são visualizados na FIG. 24.

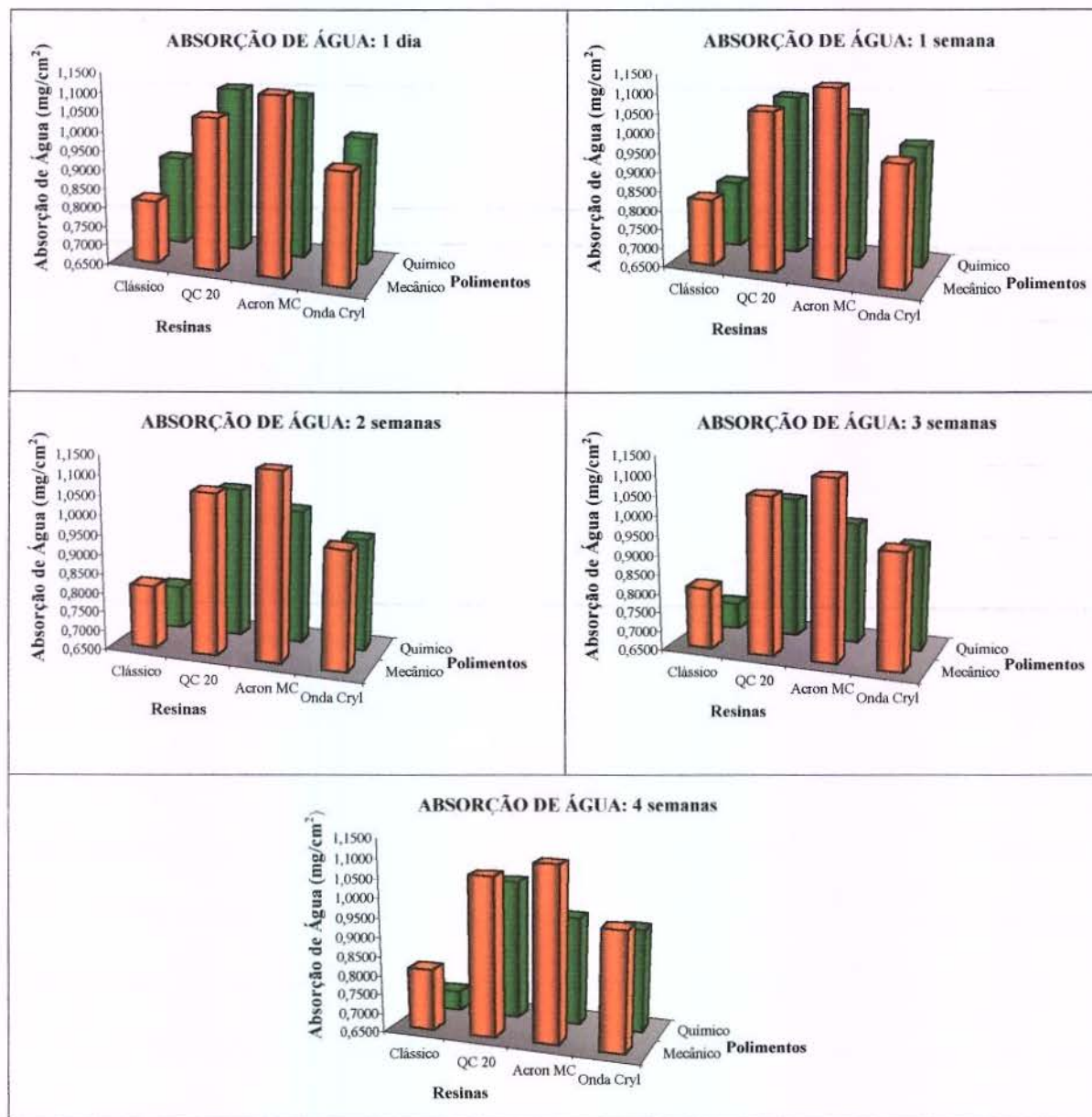


FIGURA 24 – Médias de absorção de água (mg/cm²) para cada tempo, em função das resinas e dos polimentos.

Resultados

O estudo dos tempos foi realizado através da análise de regressão de tempos dentro da combinação de resinas com polimentos. Essa análise é mostrada na TAB. 6.

TABELA 6 – Análise de Regressão para **absorção de água** em função do tempo (1 dia ou mais) dentro de cada combinação de resina com polimento.

Polimentos	Causas de Variação	G.L.	Resinas: QUADRADOS MÉDIOS			
			Clássico	QC 20	Acron MC	Onda Cryl
Mecânico	Regressão Linear	1	0,0003380 ^{ns}	0,0012326*	0,0010007 ^{ns}	0,0006290 ^{ns}
	Regressão Quadrática	1	0,0000421 ^{ns}	0,0009441 ^{ns}	0,0037598**	0,0003973 ^{ns}
	Desvios de Regressão	2	0,0003428 ^{ns}	0,0004991 ^{ns}	0,0004677 ^{ns}	0,0010414*
	Resíduo	288	0,0002997	0,0002997	0,0002997	0,0002997
Químico	Regressão Linear	1	0,2222355**	0,0346059**	0,1216660**	0,0286465**
	Regressão Quadrática	1	0,0108095**	0,0014946*	0,0006265 ^{ns}	0,0013557*
	Desvios de Regressão	2	0,0000948 ^{ns}	0,0004560 ^{ns}	0,0000262 ^{ns}	0,0003148 ^{ns}
	Resíduo	288	0,0002997	0,0002997	0,0002997	0,0002997

** = 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% ($\alpha > 0,05$);

Pela TAB. 6 pode-se observar, para o polimento mecânico, que a maioria das causas de variação não foram significativas, exceção feita a regressão linear para tempos dentro da resina QC 20, a regressão quadrática dentro da Acron MC, e os desvios de regressão para a resina Onda Cryl, que foi significativo ao nível de 5%. No polimento químico, a regressão linear para tempos foi significativa ao nível de 1% para todas as resinas, enquanto a regressão quadrática não foi significativa (considerando-se um n.m.s. de 5%) apenas para a resina Acron MC. Já que na análise de regressão recomenda-se que o ajuste de curvas seja feito pelo polinômio de mais alto grau que tenha sido significativo pelo teste F, desde que se consiga explicar esse comportamento, ajustaram-se as curvas segundo esse critério.

Resultados

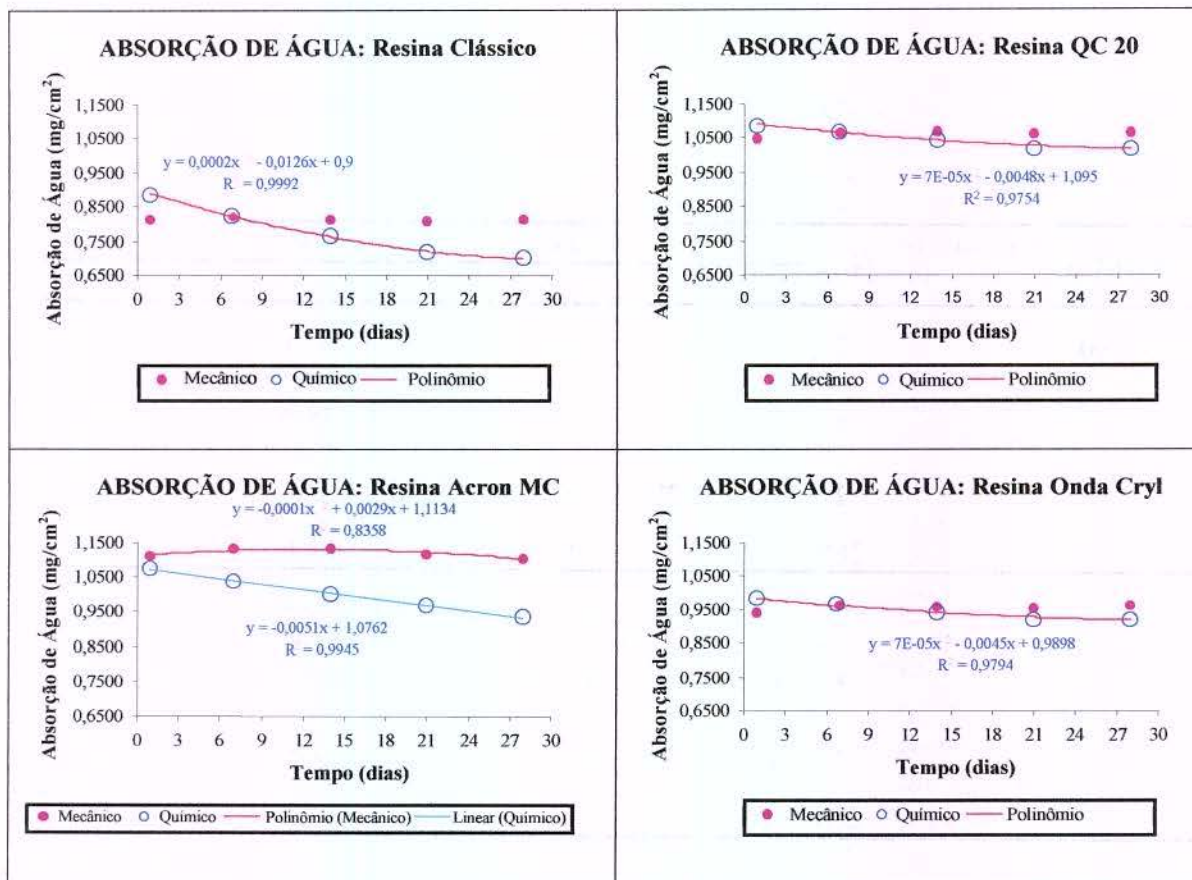


FIGURA 25 – Dispersão das médias de **absorção de água** (mg/cm^2) para cada tipo de resina, em função do tempo (1 dia ou mais) e do polimento (mecânico ou químico).

O coeficiente de determinação R^2 também deve ser observado, pois um coeficiente baixo, mesmo que o ajuste tenha sido significativo indica que a curva ou reta não deve ser considerada, e foi o que aconteceu com o ajuste linear para os tempos dentro do polimento mecânico e da resina QC 20, o qual apresentou um R^2 de 0,389. A FIG. 25 ilustra esses resultados, onde salienta-se que apenas os ajustes significativos são apresentados.

Pela FIG. 25 observa-se que para o polimento mecânico a absorção de água se mantém estável com o passar do tempo (entre um dia e quatro semanas) para todas as resinas, à exceção da Acron MC onde ocorre um máximo de absorção de água ao redor de

Resultados

duas semanas. No polimento químico, a absorção de água é decrescente com o passar do tempo em todos os tipos de resina, isto é, ela é máxima com um dia e diminui até a quarta semana.

As médias de 1h são bem menores que as dos demais tempos, e levando em consideração as descrições feitas no parágrafo acima, pode-se afirmar, que na maioria dos casos, a absorção de água é máxima já com um dia ou é estável a partir do primeiro dia até a quarta semana.

TABELA 7 - Médias de **absorção de água (%)** e **solubilidade (%)** obtidas pelas resinas dentro dos polimentos estudados após 4 semanas de armazenagem.

RESINAS	ABSORÇÃO DE ÁGUA						SOLUBILIDADE					
	Pol. Mecânico			Pol. Químico			Pol. Mecânico			Pol. Químico		
Clássico	1,92	a	A	1,98	a	A	0,02	a	A	0,52	a	B
QC 20	2,31	b	A	2,32	b	A	-0,05	b	A	0,25	b	B
Acron MC	2,45	b	A	2,43	b	A	-0,07	b	A	0,41	ab	B
Onda Cryl	2,32	b	A	2,34	b	A	-0,06	b	A	0,27	b	B

Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Pela TAB. 7 pode-se observar os valores percentuais de absorção de água e solubilidade apresentados após 4 semanas de armazenagem. Constata-se que ao final deste período, apenas a resina Clássico diferiu das demais nos valores de absorção de água, sendo estatisticamente menor que as outras, tanto no polimento mecânico quanto no químico. E que para cada resina estudada, os valores de absorção de água foram semelhantes ao final de quatro semanas, independente do tipo de polimento.

Observando os valores percentuais de solubilidade, ainda na TAB. 7, pode-se verificar que para os grupos do polimento mecânico, a resina Clássico apresentou os maiores valores, diferindo das demais. Já no polimento químico, os maiores valores foram

apresentados pelas resinas Clássico e Acron MC, semelhantes entre si, sendo que a resina Clássico diferiu estatisticamente das outras enquanto a Acron MC foi estatisticamente semelhante às demais. Os valores de solubilidade para cada tipo de resina diferiram estatisticamente quando comparado o tipo de polimento executado, sendo os valores do polimento mecânico sempre inferiores aos do polimento químico.

5.3. IMAGENS OBTIDAS DA OBSERVAÇÃO EM MICROSCÓPIO ELETRÔNICO DE VARREDURA

Resultados



FIGURA 26 - Superfície da resina Acron MC submetida ao polimento mecânico, aumento de 500x.

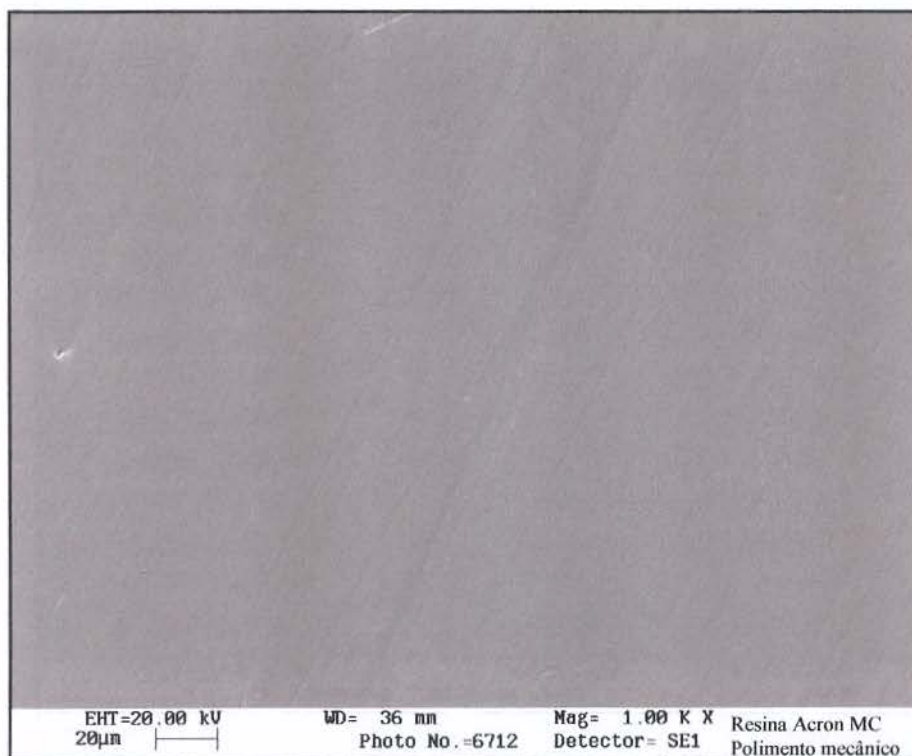


FIGURA 27 - Superfície da resina Acron MC submetida ao polimento mecânico, aumento de 1000x.

Resultados

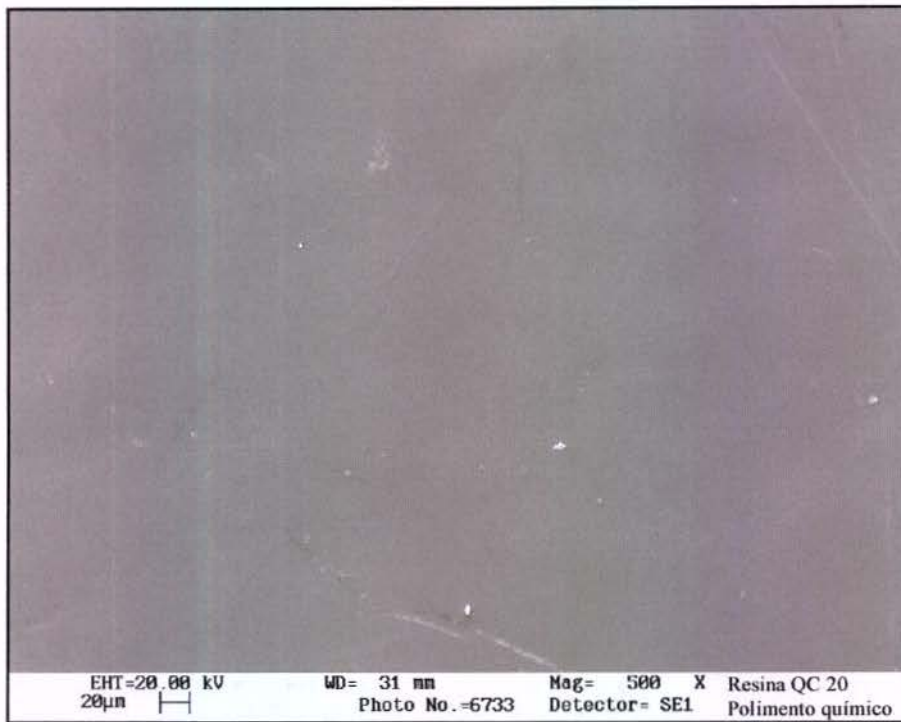


FIGURA 28 - Superfície da resina QC 20 submetida ao polimento químico, aumento de 500x.

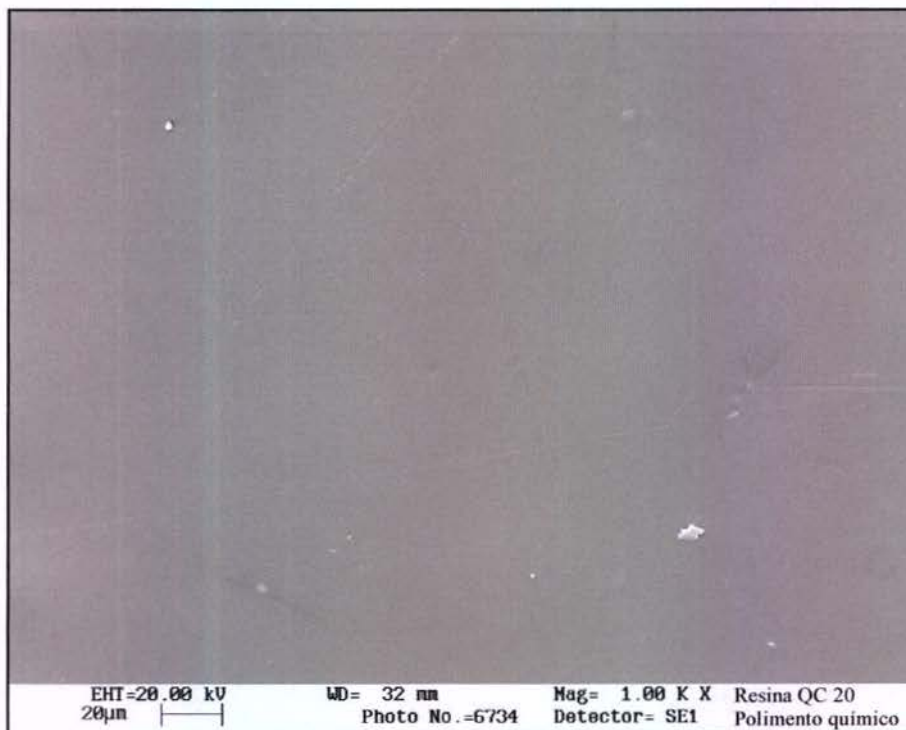


FIGURA 29 - Superfície da resina QC 20 submetida ao polimento químico, aumento de 1000x.

Resultados

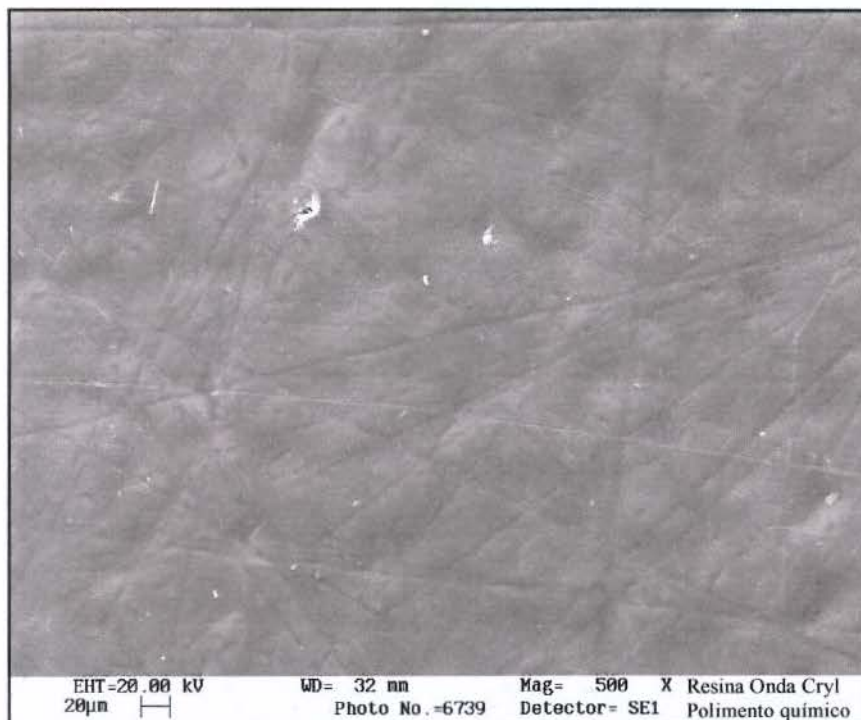


FIGURA 30 - Superfície da resina Onda Cryl submetida ao polimento químico, aumento de 500x.

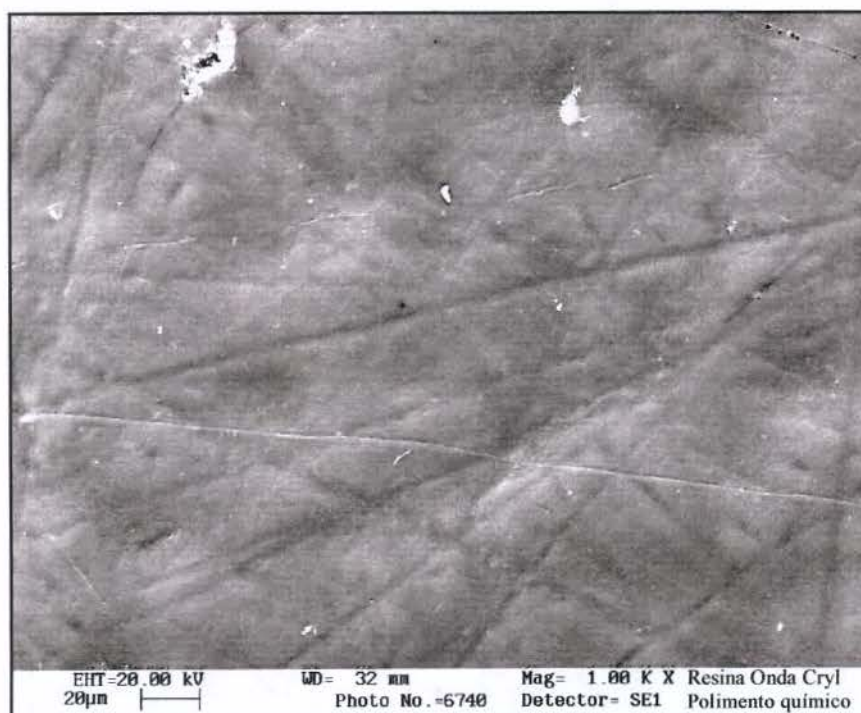


FIGURA 31 - Superfície da resina Onda Cryl submetida ao polimento químico, aumento de 1000x.

Resultados

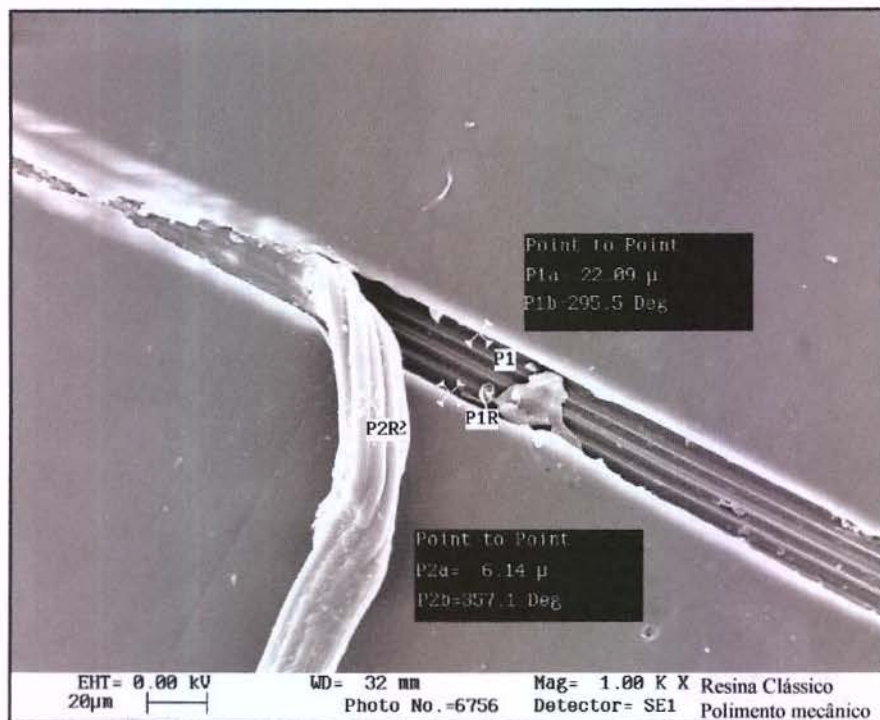


FIGURA 32 - Mensurações da cavidade deixada pela exposição de uma fibra na superfície de resina acrílica (P1 - P1R) e de um filamento desta fibra (P2 - P2R), aumento de 1000x.



FIGURA 33 - Mensurações da cavidade (P1 - P1R) e de uma ranhura na superfície da resina acrílica (P2 - P2R), aumento de 1000x.

6. DISCUSSÃO

6.1. RUGOSIDADE SUPERFICIAL

A rugosidade superficial das resinas acrílicas tem fundamental importância, visto que tem ação direta sobre a saúde dos tecidos bucais que mantêm contato com a prótese. Segundo **QUIRYNEN & BOLLEN**, em 1995, superfícies rugosas como coroas, "abutments" de implantes e bases de prótese acumulam e retêm mais placa bacteriana que superfícies lisas. E as bactérias, uma vez unidas às irregularidades superficiais e outros sítios de estagnação, podem ali sobreviver por longo período, pois estão protegidas contra as forças de remoção naturais e até mesmo contra métodos de higiene bucal. Além de a superfície rugosa ter a área disponível para adesão microbiana aumentada por um fator de 2 a 3.

Assim, o ideal é uma superfície com a menor rugosidade possível, para dificultar a retenção de microorganismos, prevenindo a ocorrência de infecções locais e deterioração precoce da prótese (**VERRAN & MARYAN**, 1997). Isto foi comprovado por **RADFORD et al.**, em 1998, quando detectaram aumento da adesão microbiana em superfícies mais rugosas.

Neste estudo, o parâmetro selecionado para obtenção dos valores das leituras de rugosidade superficial foi o Ra, que descreve a rugosidade total da superfície e pode ser definido como a média aritmética de todas as distâncias absolutas de um perfil de rugosidade em relação à linha central, em um dado comprimento de leitura (**WHITHEAD et al.**, 1996). Este parâmetro, assim como qualquer outro, tem limitações quanto à interpretação de seus resultados, mas foi escolhido por fornecer valores de rugosidade média, eliminando grandes discrepâncias, e por ser o parâmetro mais encontrado na literatura, permitindo assim posteriores comparações dos valores aqui encontrados com os já relatados.

O número de leituras realizadas na mesma amostra deveu-se à grande área superficial da mesma e as diferentes regiões analisadas deveram-se à necessidade de proceder a leitura em todas as direções da superfície da resina, evitando assim que a direção da leitura coincidisse com a direção das ranhuras produzidas durante o acabamento.

QUIRYNEN et al., em 1990, citam em resultados de pesquisas anteriores um valor limiar de Ra para a rugosidade superficial de resinas acrílicas de $0,2\mu\text{m}$, para o qual valores menores não acarretariam diminuições significativas na colonização bacteriana destas superfícies, enquanto que em valores superiores este processo começaria a sofrer maiores aumentos, sendo dramáticos a partir de $2\mu\text{m}$. Os autores citaram o valor de $0,12\mu\text{m}$ como sendo Ra característico de uma superfície de resina acrílica lisa. **BUSSCHER et al.**, 1984, citados por **BOLLEN et al.**, em 1997, destacaram que o polimento de resinas acrílicas pode levar a rugosidades superficiais abaixo do limiar citado ou não, variando de $0,03$ a $0,75\mu\text{m}$, dependendo da granulação utilizada no processo de acabamento. Neste

contexto, **BOLLEN *et al.***, em 1997, citaram o efeito do material abrasivo em dentes naturais, onde uma superfície de dentina com Ra inicial de $0,03\mu\text{m}$, polida com pedra-pomes passava a possuir Ra de $0,31\mu\text{m}$, e o esmalte com o mesmo Ra inicial e passando pelo mesmo tipo de polimento passava a possuir Ra de $0,16\mu\text{m}$. Acrescentaram ainda que valores abaixo de $0,2\mu\text{m}$ em compósitos e resinas acrílicas somente são alcançados quando são usados procedimentos múltiplos que envolvem a aplicação sequencial de pós abrasivos, discos flexíveis de pelo menos três granulações e pasta de polimento. **VERRAN & MARYAN**, em 1997, classificaram superfícies de resina acrílica com Ra de $0,02\mu\text{m}$ como superfícies lisas, e de $1,26\mu\text{m}$ como superfícies rugosas. **RADFORD *et al.***, em 1997 e 1998, apresentaram valores de Ra de $1,6\mu\text{m}$ para superfícies de resina acrílica prensadas contra vidro; $2,5\mu\text{m}$ após o desgaste com brocas carbide de tungstênio; e $4,6\mu\text{m}$ após o desgaste com brocas de aço. **TAYLOR *et al.***, em 1998, obtiveram o valor de $0,23\mu\text{m}$ (Ra) para resina acrílica polida com rodas de borracha, pasta de pedra-pomes e água e pasta de polimento universal. Já **BORCHERS *et al.***, em 1999, consideraram valores de Ra de $0,6$ a $1,0\mu\text{m}$ como sendo suficientemente lisos, referindo-se a superfícies de resinas compostas e acrílicas.

No presente estudo, a análise dos resultados obtidos a partir do ensaio de rugosidade superficial apontou diferença estatística significativa entre os polimentos mecânico ($0,0322\mu\text{m}$) e químico ($0,2435\mu\text{m}$) (TAB. 2). Estes resultados são facilmente justificáveis, pois o polimento mecânico seguiu a metodologia proposta por **ULUSOY *et al.***, em 1986, utilizando instrumentos rotatórios com pedra-pomes e pó de giz (abrasivos de granulações mais finas) na etapa final do polimento, o que traz características significativas

de melhora na lisura superficial em comparação aos grupos onde estes passos não são realizados. Este polimento promove abrasão da superfície com remoção de material, gerando riscos ou ranhuras com dimensões cada vez menores, à medida que vão sendo utilizados abrasivos de granulações mais finas, até o ponto em que não há mais remoção de material e apenas promoção de riscos não identificáveis ao olho nu, ficando a superfície com aspecto brilhante (ANUSAVICE, 1998; O'BRIEN, 1997). Entretanto, o polimento químico tem ação diferente, onde as moléculas de metilmetacrilato presentes no fluido para polimento penetram entre as cadeias poliméricas superficiais da resina, quebrando as ligações secundárias que as unem, promovendo um efeito final de plastificação da superfície da resina acrílica (MELLO, 1999). Por ser superficial a ação do polimento químico, supostamente este não tem efeito em irregularidades promovidas pelo processo de acabamento. Uma sugestão seria a realização de processos de acabamento prévios ao polimento químico com utilização de abrasivos com granulações mais finas que 600, obtendo assim superfícies mais lisas, que seriam mantidas no polimento químico e proveriam Ra menor que os encontrados neste estudo, mas para confirmação desta hipótese seriam necessários estudos adicionais.

A partir dos resultados do presente estudo, constatou-se que o polimento mecânico acarreta valores de rugosidade superficial ótimos, bem abaixo do limiar citado por QUIRYNEN *et al.*, em 1990, enquanto os valores de Ra do polimento químico permaneceram bem próximos a este limiar, variando de 0,1792 a 0,2949 μ m, conforme ilustrado na TAB. 2.

Na análise dos valores médios de rugosidade superficial para as resinas dentro de cada tipo de polimento, pode-se observar que todos os grupos de resinas polidas mecanicamente apresentaram valores estatisticamente semelhantes. Numericamente, os maiores valores foram apresentados pela resina Clássico ($0,035\mu\text{m}$) e os menores pela QC 20 ($0,0307\mu\text{m}$) (TAB. 2). A ação mecânica deste tipo de polimento foi efetiva sobre a superfície de todas as resinas, variando entre os grupos, porém sem diferença estatística. Para os grupos submetidos ao polimento químico, os resultados foram diferentes, sendo os menores valores de rugosidade apresentados pela resina QC 20 ($0,1792\mu\text{m}$) e os maiores para a Onda Cryl ($0,2949\mu\text{m}$) (TAB. 2), havendo diferença estatística apenas entre estes dois grupos, ao nível de 5% de probabilidade. Provavelmente, os valores mais baixos encontrados para resina QC 20 deveram-se às características de superfície obtidas no processo de acabamento, sendo que os valores de rugosidade para esta resina polida mecanicamente também foram menores que os demais. Para confirmação destes resultados, foram realizadas leituras de rugosidade em amostras de todas as resinas estudadas submetidas apenas aos processos de acabamento, confirmando o fato de que a resina QC 20 tem um padrão de acabamento superficial melhor que as outras.

A presença de agentes de ligação cruzada na composição das resinas acrílicas influencia diretamente a ocorrência de maiores valores de dureza superficial (SZABÓ *et al.*, 1985). Segundo BORCHERS *et al.*, em 1999, materiais que continham agente de ligação cruzada (EGDMA) apresentaram superfícies mais lisas, quando comparados a materiais sem estes agentes, relacionando tal fato à habilidade do dimetacrilato em

estabelecer ligações cruzadas, acarretando aumento de dureza, e então, possibilidade de polimento melhorada.

Já os resultados encontrados para a resina Onda Cryl deveram-se provavelmente à composição química desta resina, ocasionando um comportamento diferente das outras frente aos processos de acabamento e polimento. Embora a resina Onda Cryl possua agentes de ligação cruzada tal qual a resina QC 20, não se tem a informação da concentração destes agentes na composição da resina, o que afeta significativamente seus efeitos sobre algumas propriedades da mesma, podendo até torná-los nulos.

Embora não existam muitos relatos na literatura a respeito da manutenção dos valores de rugosidade superficial obtidos pelos diferentes tratamentos sobre a resina acrílica, é de extrema importância que se considere os valores de rugosidade encontrados no decorrer da preservação da prótese. MESQUITA¹, em 2000, realizou um trabalho onde foram verificados os valores de rugosidade superficial de resinas acrílicas submetidas aos polimentos mecânico e químico e posterior processo de escovação mecânica. O autor constatou que os valores de rugosidade superficial (Ra) posteriores aos processos de polimento, inicialmente discrepantes (polimento mecânico - 0,0427 μ m e polimento químico - 0,4884 μ m), tornaram-se bastante semelhantes após o processo de escovação (polimento mecânico - 3,4985 μ m e polimento químico - 3,8527 μ m). Estes resultados mostraram que, apesar de valores baixos de rugosidade superficial atingidos através dos processos de acabamento e polimento, frente ao uso de dentifrícios contendo abrasivos e da escovação (métodos convencionais de higiene bucal) esses valores de rugosidade elevam-se

¹ MESQUITA, M.F. (Faculdade de Odontologia de Piracicaba – UNICAMP) Comunicação pessoal, 2000.

inevitavelmente, independente de qual tenha sido o tipo de polimento executado e seus valores iniciais, justamente porque os meios de higienização comumente utilizados provocam abrasão da superfície (**CRAIG et al.**, 1996).

A importância de superfícies com rugosidade superficial mínima e da manutenção de sua higiene também foi destacada por **DAVENPORT**, em 1970, quando encontrou em seus estudos a ocorrência de números bem maiores de células de *C. albicans* nos esfregaços de próteses do que de mucosa palatina.

RADFORD et al., em 1998, relataram redução significativa na adesão microbiana frente às superfícies de resina acrílica cobertas com película de saliva previamente à contaminação. A saliva não só diminuiu a adesão como o efeito da rugosidade superficial sobre a promoção deste tipo de adesão. Este é um fator que poderia melhorar a indicação da utilização de polimento químico.

6.2. ABSORÇÃO DE ÁGUA

A absorção de água por polímeros utilizados para a confecção de base de próteses totais é de importância considerável, pois vem acompanhada de alterações dimensionais (**STAFFORD & BRADEN**, 1968; **KIMPARA & MUENCH**, 1996, **WONG et al.**, 1999). Sabe-se que a absorção de água pelas bases de prótese em resina acrílica aumenta sua dimensão (**SKINNER**, 1951), e que a expansão repetida da base da prótese durante a absorção de água e sua contração durante a secagem pode resultar em empenamento da prótese (**CRAIG et al.**, 1996). Desse modo, um grau muito elevado de

absorção de água não é uma propriedade favorável para a resina acrílica (SKINNER, 1951; STAFFORD & BRADEN, 1968; TAKAHASHI *et al.*, 1998). A absorção de água ocorre devido ao preenchimento por água das lacunas existentes entre as cadeias poliméricas presentes na estrutura da resina acrílica após a polimerização, estando na dependência do grau de ocorrência e da magnitude destas lacunas. A introdução de moléculas de água na massa polimerizada produz dois importantes efeitos: primeiro, causa ligeira expansão da massa polimerizada; segundo, as moléculas de água interferem no entrelaçamento da cadeia polimérica e portanto agem como plastificador, o que facilita o deslizamento de longas cadeias poliméricas, comprometendo assim a resistência mecânica do material (PHILLIPS, 1993; TAKAHASHI *et al.*, 1998). Vários fatores afetam as características da absorção de água: quantidade e concentração do agente de ligação cruzada, ligações duplas não reagidas, temperatura da mensuração, método de polimerização (ARIMA *et al.*, 1996). O polimetilmetacrilato absorve água vagarosamente por um período de tempo, esta embebição é devida às propriedades polares das moléculas de resina, ligações insaturadas das moléculas ou forças intermoleculares não balanceadas no polímero (MIETTINEN & VALLITTU, 1996).

No presente estudo, foi avaliado o grau de absorção de água das resinas acrílicas nos tempos de 1h, um dia, uma, duas, três e quatro semanas após armazenagem em água. Quando da realização da análise estatística, a fase inicial de aplicação de modelos matemáticos e análise dispersiva indicou grande discrepância entre os valores médios da primeira hora de armazenagem em relação às demais, o que inviabilizou a aplicação de apenas um teste para a comparação de todos os grupos, pois este não teria validade ou

credibilidade estatística. Por isso as análises de absorção de água foram realizadas separadamente para a primeira hora de armazenagem e para os demais tempos.

A tabela de valores percentuais de absorção de água e solubilidade das resinas acrílicas frente aos diferentes polimentos após quatro semanas de armazenagem (TAB. 7) foi apresentada apenas a título de comparação com dados presentes na literatura muitas vezes expressos em porcentagem. A fórmula para a absorção de água percentual foi aplicada considerando o período total de armazenagem de quatro semanas, isto foi necessário por fazer parte da fórmula o valor obtido após a segunda dessecação das amostras, o que só foi realizado após as quatro semanas. Seria errado então calcular o valor percentual para uma semana de absorção sendo que as amostras passaram por um processo de solubilização durante quatro semanas. Obviamente, o mesmo período valendo para os valores percentuais de solubilidade. Toma-se o cuidado, então, de se ter cautela quando da comparação com valores na literatura que relatam absorção de água e solubilidade após uma semana de armazenagem.

Na avaliação da absorção de água para o período de 1h, constatou-se influência do tipo de resina utilizado, tipo de polimento, mas não da interação resina x polimento sobre os resultados. Avaliando os tipos de polimento, independente das resinas, os grupos polidos mecanicamente apresentaram menor grau de absorção ($0,3407\text{mg/cm}^2$) que os polidos quimicamente ($0,3539\text{mg/cm}^2$), diferindo estatisticamente entre si (TAB. 4). **GOTUSSO et al.**, em 1969, encontrou o valor médio de $0,1\text{mg/cm}^2$ de absorção de água para amostras em resina polidas quimicamente, afirmando que o polimento químico reduzia a taxa de absorção de água das resinas acrílicas. Convém lembrar que a comparação em seu

estudo foi feita entre amostras polidas quimicamente e amostras sem polimento, provavelmente de superfícies muito mais irregulares que as primeiras. Para analisar a relação superfície da resina acrílica x água, tem-se um parâmetro denominado histérese do ângulo de contato formado entre a gota d'água e a resina (diferença entre o ângulo de contato inicial e o de recuo). Este parâmetro é influenciado pela heterogeneidade, rugosidade e deformação superficiais, bem como pode ser induzido pela mobilidade e reorientação das cadeias poliméricas superficiais. **MONSÉNÉGO** *et al.*, em 1989, mostraram que a histérese do ângulo de contato das superfícies submetidas à abrasão (mais rugosas) é menor que das superfícies polidas, sendo que ângulos menores caracterizam superfícies mais hidrófilas. Assim, o aumento da rugosidade superficial aumenta o contato e o trabalho de adesão entre a superfície de resina acrílica e a água. Embora a absorção de água sempre ocorra nas resinas acrílicas, independente das condições superficiais, a proporção de absorção é acelerada em materiais mais rugosos, ou seja, a entrada de água nos poros presentes na resina submetidas à abrasão faz com que a sua característica hidrófila seja aumentada (**KILANI** *et al.*, 1984; **MONSÉNÉGO** *et al.*, 1989). Estudos feitos por **MONSÉNÉGO**, 1987, citado por **MONSÉNÉGO** *et al.*, 1989, através de observações microscópicas, revelaram a presença de poros na superfície de um material submetido à abrasão. Esta é mais uma explicação para a menor absorção inicial de água pelas superfícies polidas mecanicamente, de menor rugosidade superficial, pois envolve a reorientação das cadeias poliméricas superficiais através dos procedimentos de polimento.

Ao considerar apenas a absorção de água das resinas, sem levar em conta o polimento, os destaques foram de maior média para resina Clássico ($0,3808 \text{ mg/cm}^2$) e

menor para Acron MC ($0,2811\text{mg/cm}^2$) (TAB. 4). Segundo **DEL BEL CURY *et al.***, em 1994, estas diferenças encontradas nos valores de absorção de água para os grupos estudados são conseqüências das composições das diferentes resinas acrílicas. **MIETTINEN & VALLITTU**, em 1996, seguem o mesmo raciocínio afirmando que o tipo de acrilato tem influência sobre o grau de absorção de água pela resina. Isto se deve à própria estrutura química formada após a polimerização das resinas. A resina Clássico é formada através da interação das moléculas de metilmetacrilato, o que forma uma estrutura com cadeias poliméricas simples, de configuração linear, com maior volume de matriz intersticial (**ANUSAVICE**, 1998), local de penetração das moléculas de água. Já a resina Acron MC apresenta agentes de ligação cruzada em sua composição, o que faz com que sua reação seja diferente, com formação de cadeias mais densas, complexas e entrelaçadas, e também cadeias poliméricas mais longas, pela presença de co-polímeros, deixando uma matriz intersticial menos volumosa, o que não dá a oportunidade para entrada das moléculas de água em quantidade e velocidade tão grande como na resina Clássico. O estudo de **ARIMA *et al.***, em 1996, mostrou que a adição de agente de ligação cruzada do tipo EGDMA (etileno glicol dimetacrilato), o mais comum entre as resinas acrílicas, reduziu a absorção de água dessas resinas, sendo esta diminuição proporcional ao aumento de suas concentrações. **TAKAHASHI *et al.***, em 1998, também constataram diminuição do grau de absorção de água em materiais para base de prótese que possuíam agentes de ligação cruzada.

Continuando no fator absorção de água, só que agora para os períodos de um dia, uma, duas, três e quatro semanas, a primeira observação feita foi quanto à interação

entre as três variáveis: resina x polimento x tempo, ou seja, sempre uma variável foi dependente da combinação das outras duas. Comparando-se os tipos de polimentos, nos tempos agora analisados, não houve diferença em suas médias, com exceção da resina Acron MC a partir da segunda semana, onde os valores do polimento mecânico ultrapassaram os valores do polimento químico.

Para análise do comportamento dos grupos estudados, em função dos tempos, serão usados apenas os valores de absorção de uma semana de armazenagem, a título de comparação com a maioria dos dados da literatura, mas sem perda da confiabilidade de se estender as conclusões aos demais tempos, pois embora numericamente diferentes, seguem o mesmo padrão apresentado com uma semana de armazenagem. Observou-se que os valores mais altos de absorção de água foram apresentados pela resina Acron MC polida mecanicamente ($1,1334 \text{ mg/cm}^2$) e QC 20 polida quimicamente ($1,0699 \text{ mg/cm}^2$), embora entre as duas não houvesse diferença estatística. Os menores valores foram apresentados pela resina Clássico polida tanto mecânica quanto quimicamente ($0,8229$ e $0,8222 \text{ mg/cm}^2$) (TAB. 5). Nota-se que esses resultados são inversos aos ocorridos após 1h de armazenagem em água, mas embora os resultados sejam opostos, a justificativa é a mesma. A absorção de água, ou seja, a difusão das moléculas de água dentre as cadeias poliméricas da resina vai acontecer de qualquer forma, o que muda é o tempo necessário para isso, que está diretamente relacionado com a estrutura química da resina. Assim, a resina Clássico, que apresentou alto grau de absorção de água na primeira hora, continua permitindo a entrada de água, mas de forma bem mais lenta e em menor quantidade, pois a quantidade absorvida inicialmente foi quase suficiente para atingir o limite máximo de absorção ou de chegar ao

equilíbrio. Já a resina Acron MC apresentou comportamento inverso, justamente porque o arranjo de suas cadeias poliméricas dificulta a difusão das moléculas de água, que só conseguem penetrar nas lacunas desta resina com um tempo maior de armazenagem.

ILBAY *et al.*, em 1994, encontraram valores de $0,72\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ de absorção de água para uma resina termopolimerizável convencional polimerizada em forno de microondas a 550W por 3min. **DEL BEL CURY *et al.***, em 1994, encontraram a média de $0,570\text{mg}/\text{cm}^2$ de absorção de água para resina Acron MC. Para as resinas dentais convencionais baseadas no polimetilmetacrilato, o vapor de equilíbrio para a absorção de água é de aproximadamente 2% do peso a 37°C (**BRADEN**, 1964; **HARGREAVES**, 1978). **WONG *et al.***, em 1999, encontraram valores percentuais finais de absorção de água até a saturação de 2,27% da massa para resina acrílica polimerizada em calor seco e deixada esfriar em forno, e de 2,14% da massa para resina acrílica polimerizada em calor úmido, deixada esfriar tanto no banho de água quanto em bancada. Relatando ainda um período de 35 dias para que saturação fosse alcançada, lembrando que as amostras possuíam 2,5mm de espessura. Os valores percentuais de absorção de água do presente estudo variaram de 1,92 a 2,45% da massa da amostra entre os grupos de polimento mecânico, e 1,98 a 2,43% para os grupos de polimento químico, após quatro semanas de armazenagem (TAB. 7).

Outro comportamento observado é que as amostras polidas quimicamente, para todas as resinas, apresentaram grau de absorção decrescente a partir do primeiro dia até a quarta semana de armazenagem, enquanto as polidas mecanicamente apresentaram comportamento constante neste período. Isto ocorreu porque aquele maior contato inicial

com as moléculas de água proporcionado pelo polimento químico fez com que estas amostras absorvessem mais água já no primeiro tempo, diminuindo gradativamente esta absorção pela saturação alcançada. As amostras polidas mecanicamente apresentaram um padrão de absorção mais lento e constante, não sofrendo na maior parte dos casos a influência do tempo. A sugestão é de que provavelmente as amostras em resina acrílica tenham atingido o equilíbrio de absorção de água ou saturação já no período de um dia e mantido-se constante no decorrer do tempo. Estes resultados estão de acordo com o trabalho de **BRADEN**, em 1964, que constatou um tempo de 50 horas para que amostras de resina acrílica com 1mm de espessura atingissem 98% de saturação em armazenagem em água a 37,4°C, porém, bases de prótese em resina termopolimerizável com 2mm de espessura necessitariam de um tempo quatro vezes maior para atingir tal saturação. Semelhante também ao relatado por **NISHII**, em 1968, quando afirmou que a polimerização em microondas não havia afetado a absorção de água comparando-se 24h e 24 dias de armazenagem, produzindo resultados semelhantes aos da polimerização convencional. Assim como **SZABÓ et al.**, em 1985, que utilizaram amostras de 1mm de espessura que atingiram valores máximos de absorção de água na primeira semana de armazenagem.

HARMAN & PITTSBURGH, em 1949, observaram que as amostras em resina acrílica atingiram peso máximo após 14 dias de armazenagem em água, mantendo-se constante ao final de 19 meses de controle. Para **FARAJ & ELLIS**, em 1979, o período necessário para equilíbrio na absorção de água foi de 33 dias para amostras de 2,5mm de espessura. De acordo com **CHOW et al.**, em 1992, as pesagens de amostras em resina

acrílica que seguiram o período de um ano mostraram que a saturação é alcançada por volta de 30 dias de imersão em água. **WONG *et al.***, em 1999, obteve resultados de saturação completa por volta de 35 dias de armazenagem, lembrando que as amostras utilizadas nestes dois últimos estudos possuíam dimensões semelhantes às de uma base de prótese. No presente trabalho, apenas as amostras de resina Acron MC polidas mecanicamente fazem exceção aos períodos de equilíbrio relatados na literatura, que apresentaram grau máximo de absorção de água na segunda semana de armazenagem para depois permanecerem constantes, mas tal fato se explica pela já citada estrutura das cadeias desta resina, ainda mais associada ao polimento mecânico, que só permitiram a entrada de moléculas suficientes para atingir equilíbrio após duas semanas de armazenagem.

6.3. SOLUBILIDADE

A solubilidade representa a massa de materiais solúveis (monômero residual, plastificantes e inicializadores) a partir dos polímeros (**MIETTINEN & VALLITTU**, 1996). Estes monômeros residuais atuam como plastificadores, deprecando as propriedades mecânicas. Além disso, eles são liberados gradualmente da resina polimerizada, causando algumas vezes reação tecidual. Conseqüentemente, alta solubilidade não é uma característica favorável para as resinas acrílicas (**ARIMA *et al.***, 1996; **MIETTINEN & VALLITTU**, 1996).

Analisando apenas o fator polimento, independente dos tipos de resina, observou-se maior grau de solubilidade no polimento químico que no mecânico (TAB. 2).

Este foi um resultado esperado, pois a solubilidade está diretamente relacionada à liberação de monômero residual, o que é maior nas resinas polidas quimicamente (**NAGEM FILHO et al.**, 1973; **BOMBONATTI et al.**, 1975; **MELLO**, 1999). A alta taxa de liberação de monômero residual é comprovadamente prejudicial às propriedades mecânicas das resinas acrílicas (dureza, resistência transversa, absorção de água, solubilidade, etc), pois possui efeito plastificador que reduz efetivamente as forças intermoleculares, facilitando a ocorrência de deformações (**JAGGER**, 1978).

Os resultados do presente estudo mostraram valores de solubilidade mais elevados para a resina Clássico, tanto nos grupos submetidos ao polimento mecânico ($0,0071\text{mg/cm}^2$) quanto químico ($0,2450\text{mg/cm}^2$), diferindo estatisticamente das demais resinas, com exceção da resina Acron MC polida quimicamente ($0,1848\text{mg/cm}^2$) (TAB. 2). O fato de a resina Clássico ter estrutura mais simples de cadeias poliméricas, unidas por ligações mais frágeis aumenta a susceptibilidade da quebra dessas ligações, entrada de fluidos e liberação de substâncias não reagidas. Colabora com isso um alto índice de absorção de água desta resina no primeiro período de armazenagem, o que coincide com o pico de liberação de monômero residual (**MESQUITA et al.**, 1996a e 1996b; **SHERIDAN et al.**, 1997). **DE CLERCK**, em 1987; **TRUONG & THOMASZ**, em 1988, constataram concentração de monômero residual levemente superior em resinas acrílicas polimerizadas em banho de água aquecida em comparação às polimerizadas por energia de microondas. Os agentes de ligação cruzada também exercem influência sobre estes resultados, pois a resina Clássico não os possui, e a sua presença na composição das resinas acrílicas acarreta diminuição do grau de solubilidade, sendo esta tendência aumentada com o aumento de

suas concentrações (ARIMA *et al.*, 1996; HARRISON *et al.*, 1978). Ciclos de polimerização longos a baixas temperaturas, como o utilizado para a resina Clássico, asseguram a ausência de porosidades na estrutura da resina polimerizada (SKINNER, 1951), entretanto, ciclos que possuem períodos curtos de altas temperaturas, como aqueles que finalizam a polimerização de 70 a 100°C, têm menores taxas de liberação de monômero residual após a polimerização (JAGGER, 1978), outro provável motivo para que a resina Clássico tenha apresentado maior grau de solubilidade que as demais dentro dos grupos polidos mecanicamente. Em pesquisa de SHERIDAN *et al.*, em 1997, a resina Acron MC também se comportou de maneira diferente de uma resina termopolimerizável convencional, quando avaliadas quanto às suas toxicidades, fator diretamente ligado à liberação de monômero residual e outras substâncias químicas componentes da resina acrílica. O referido autor observou neste estudo que a toxicidade da Acron MC foi maior apenas 96h após imersão em cultura, enquanto a outra resina apresentou maior toxicidade nas primeiras horas, diminuindo gradativamente.

ILBAY *et al.*, em 1994, encontraram valores de 0,38mg.cm⁻² de solubilidade para uma resina termopolimerizável convencional polimerizada em forno de microondas a 550W por 3min. DEL BEL CURY *et al.*, em 1994, encontraram a média de 0,015mg/cm² de solubilidade para a resina Acron MC. MIETTINEN & VALLITTU, em 1996, relataram valores de 0,11% de solubilidade da massa de resina acrílica ativada termicamente. No presente estudo, os valores de solubilidade variaram de -0,07 a 0,02% para os grupos de polimento mecânico, e 0,25 a 0,52% para polimento químico (TAB. 7).

6.4. IMAGENS OBTIDAS EM M.E.V.

As imagens obtidas através de microscopia eletrônica de varredura foram apresentadas no capítulo de resultados a fim de ilustrarem as características de superfície encontradas para as diferentes resinas submetidas aos polimentos mecânico e químico. Elas ilustram bem os resultados apresentados no ensaio de rugosidade superficial.

Foram obtidas imagens de uma amostra de cada grupo, mas como os grupos submetidos ao polimento mecânico apresentaram características de superfície semelhantes, a imagem de apenas um grupo foi apresentada em seus diferentes aumentos, sendo neste caso da resina Acron MC (FIG. 26 e 27).

Para as amostras polidas quimicamente, diante da diferença estatística observada entre os grupos, foram apresentadas imagens da resina QC 20 (FIG. 28 e 29), que apresentou os menores valores de rugosidade superficial, e da resina Onda Cryl (FIG. 30 e 31), que apresentou os maiores valores para este tipo de polimento.

Através da observação das imagens das superfícies das resinas estudadas, nota-se claramente a existência de ranhuras mais grosseiras deixadas pelo processo de acabamento que o polimento químico não foi capaz de remover. O que já não acontece com as resinas submetidas ao polimento mecânico, pois as ranhuras presentes nestes grupos são, quando presentes, quase imperceptíveis.

Na seqüência são apresentadas imagens de uma veia (fibra acrescentada ao polímero, para promover caracterização da base de prótese através da simulação de vasos sanguíneos) exteriorizada na superfície da resina acrílica (FIG. 32). Pode-se observar na

FIG. 16, do capítulo de metodologia, a nítida visualização da ocorrência desta superficialização das veias após os procedimentos de acabamento. Isto acontece tanto nas amostras polidas mecânica quanto quimicamente, embora muito mais comuns no segundo grupo, pois no primeiro há uma suavização desta exposição pela utilização de granulações abrasivas mais finas que regularizam mais a superfície.

A observação da superficialização dessas veias é importante a partir do momento que acarretam "defeitos" na superfície da resina acrílica de dimensões maiores que os deixados por riscos remanescentes do processo de acabamento. Este fato pode ser observado na FIG. 33, onde foram observadas e mensuradas, sob o aumento de 1000x, as dimensões de um risco deixado pelo acabamento ($3,79\mu\text{m}$ de largura) e do defeito ocasionado pela remoção de parte de uma veia ($24,63\mu\text{m}$ de largura), lembrando que a profundidade deste defeito, embora não mensurada, é nitidamente maior que a da ranhura.

7. CONCLUSÃO

- O polimento químico acarreta maiores valores de rugosidade superficial em resinas acrílicas que o polimento mecânico.
- A rugosidade superficial decorrente polimento mecânico não sofre influência do tipo de resina acrílica que está sendo tratada. Enquanto os resultados do polimento químico são dependentes da estrutura desta resina.
- O polimento químico acelera a absorção de água nos primeiros períodos de armazenagem, comparado ao polimento mecânico.
- Ao final de quatro semanas, para cada tipo de resina utilizada, a proporção de absorção de água foi a mesma, independente do polimento ao qual a resina foi submetida.
- Resinas acrílicas submetidas ao polimento químico apresentam valores de solubilidade significativamente maiores que as submetidas ao polimento mecânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

1. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Revised American Dental Association Specification N. 12 for denture base polymers. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v.90, n.2, p.451-458, Feb. 1975.
2. ANUSAVICE, K.J. *Phillips: materiais dentários*. 10.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1998. Cap.10 e 30, p.125-139, 394-405.
3. ARAÚJO, P.A., ABREU, D., MAGALHÃES, A.E.O. Propriedades das resinas acrílicas para bases de dentaduras submetidas ao polimento químico. *Estomatol Cult*, Bauru, v.6, n.1, p.40-44, jan./jun. 1972.
4. ARIMA, T., MURATA, H., HAMADA, T. The effects of cross-linking agents on the water sorption and solubility characteristics of denture base resin. *J Oral Rehabil*, Oxford, v.23, n.7, p.476-480, July 1996.
5. BOLLEN, C.M.L., LAMBRECHTS, P., QUIRYNEN, M. Comparison of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater*, Oxford, v.13, n.4, p.258-269, July 1997.
6. BOMBONATTI, P.E. *et al.* Determinação do monômero residual em resinas acrílicas submetidas ao polimento químico. *Rev Fac Odontol Araçatuba*, Araçatuba, v.4, n.2, p.273-277, 1975.

* 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.

Referências Bibliográficas

7. BORCHERS, L., TAVASSOL, F., TSCHERNITSCHKE, H. Surface quality achieved by polishing and varnishing of temporary crown and fixed partial denture resins. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.82, n.5, p.550-556, Nov. 1999.
8. BRADEN, M. The absorption of water by acrylic resins and other materials. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.14, n.2, p.307-316, Mar./Apr. 1964.
9. BUSSCHER, H.J. *et al.* The effect of surface roughening of polymers on measured contact angles of liquids. *Colloids Surf*, Amsterdam, v.9, n.4, p.319-331, 1984. *Apud* BOLLEN, C.M.L., LAMBRECHTS, P., QUIRYNEN, M. *Op. cit.* Ref. 5.
10. CHOW, T.W., LADIZESKY, N.H., CLARKE, D.A. Acrylic resins reinforced with woven highly drawn linear polyethylene fibers. 2. Water sorption and clinical trials. *Aust Dent J*, St Leonards, v.37, n.6, p.433-438, Dec. 1992.
11. CRAIG, R.G., O'BRIEN, W.J., POWERS, J.M. *Dental materials: properties and manipulation*. 6th ed. Saint Louis: Mosby, 1996. Chap.6, p.96-113.
12. DAVENPORT, J.C. The oral distribution of candida in denture stomatitis. *Br Dent J*, London, v.129, n.3, p.151-156, Aug. 1970.
13. 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.

14. DEL BEL CURY, A.A., RODRIGUES JÚNIOR, 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 Sao Paulo*, São Paulo, v.8, n.4,
p.243-249, out./dez. 1994.
15. EL-HADARY, A., DRUMMOND, J.L. Comparative study of water sorption,
solubility, and tensile bond strength of two soft lining materials. *J*
Prosthet Dent, Saint Louis, v.83, n.3, p.356-361, Mar. 2000.
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.7, p.209-212, Oct. 1979.
17. GETTLEMAN, L., NATHANSON, D., MYERSON, R.L. Effect of rapid
curing procedures on polymer implant materials. *J Prosthet Dent*, Saint
Louis, v.37, n.1, p.74-82, Jan. 1977.
18. GOTUSSO, M.J. Tratamiento químico e superficial de las resinas acrílicas.
Rev Asoc Odontol Argent, Buenos Aires, v.57, n.10, p.359-361, oct./dic.
1969.
19. _____, BRASSESCO, M., BEIGELIS, A. Sorption of heat-cured acrylic
resins chemically polished. *J Dent Res*, Washington, v.48, n.6, p.1072,
May 1969. [Abstract, 21]
20. HARGREAVES, A.S. Equilibrium water uptake and denture base resin
behaviour. *J Dent*, Oxford, v.6, n.4, p.342-352, Dec. 1978.

21. HARMAN, I.M., PITTSBURGH, A.B. Effects of time and temperature on polymerization of a methacrylate resin denture base. *J Am Dent Assoc*, Chicago, v.38, n.2, p.188-203, Feb. 1949.
22. HARRISON, A., HUGGETT, R., JAGGER, R.C. The effect of a cross-linking agent on the abrasion resistance and impact strength of an acrylic resin denture base material. *J Dent*, Oxford, v.6, n.4, p.299-304, Dec. 1978.
23. ILBAY, S.B., GÜVENER, S., ALKUMRU, H.N. Processing dentures using a microwave technique. *J Oral Rehabil*, Oxford, v.21, n.1, p.103-109, Jan. 1994.
24. JAGGER, R.G. Effect of the curing cycle on some properties of a polymethylmethacrylate denture base material. *J Oral Rehabil*, Oxford, v.5, n.2, p.151-157, Apr. 1978.
25. KILANI, B.H.Z. *et al.* Wettability of selected denture base materials. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.52, n.2, p.288-291, Aug. 1984.
26. KIMPARA, E.T., MUENCH, A. Influência de variáveis de processamento na alteração dimensional de dentaduras de resina acrílica. *RPG Rev Pos Grad*, São Paulo, v.3, n.2, p.110-114, abr./maio/jun. 1996.
27. KIMURA, H. *et al.* 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. MELLO, J.A.N. *Avaliação in vitro de propriedades mecânicas e químicas de uma resina autopolimerizável polida quimicamente, submetida a um ciclo de polimerização complementar com energia de microondas ou água quente*. Piracicaba, 1999. 91p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Piracicaba, Universidade Estadual de Campinas.
29. MESQUITA, M.F. *et al.* Efeito do polimento químico sobre a dureza superficial das resinas acrílicas. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, v.18, n.3, p.22-27, maio/jun. 1996a.
30. _____. *et al.* Efeito do polimento químico sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas. *Semina*, Londrina, v.17, n.2, p.178-182, jun. 1996b.
31. MIETTINEN, V.M., VALLITTU, P.K. Water sorption and solubility of glass fiber-reinforced denture polymethyl methacrylate resin. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.77, n.5, p.531-534, May 1996.
32. MONSÉNÉGO, P. *L'interface muco-prothétique en prothèse adjoinant caractérisation microscopique, physicochimique et microbiologique des poymères acryliques*. [Thesis] Paris: University of Paris 7, 1987. *Apud* MONSÉNÉGO, P. *et al.* *Op. cit.* Ref. 33.
33. _____. *et al.* Complete denture retention. Part II: wettability studies on various acrylic resin denture base materials. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.62, n.3, p.308-312, Sept. 1989.
34. NAGEM FILHO, H., CHIODI-NETO, J., ARAUJO, P.A. Biocompatibility of acrylic resins implants in connective tissue. *Estomatol Cult*, Bauru, v.7, n.2, p.120-123, 1973.

Referências Bibliográficas

35. 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.
36. O'BRIEN, W.J. *Dental materials and their selection*. 2nd ed. Chicago: Quintessence, 1997. Chap.8, p.115-122.
37. PHILLIPS, R.W. *Skinner materiais dentários*. 9.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993. Cap.11, p.140-160.
38. QUIRYNEN, M., BOLLEN, C.M. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man, a review of the literature. *J Clin Periodontol*, Copenhagen, v.22, n.1, p.1-14, Jan. 1995.
39. _____. *et al.* The influence of surface-free energy and surface roughness on early plaque formation. An in vivo study in man. *J Clin Periodontol*, Copenhagen, v.17, n.3, p.138-144, Mar. 1990.
40. RADFORD, D.R. *et al.* Adherence of *Candida albicans* to denture-base materials with different surface finishes. *J Dent*, Oxford, v.26, n.7, p.577-583, Sept. 1998.
41. _____. *et al.* The effects of surface machining on heat cured acrylic resin and two soft denture base materials: a scanning electron microscope and confocal microscope evaluation. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.78, n.2, p.200-208, Aug. 1997.

Referências Bibliográficas

42. RIZZATI-BARBOSA, C.M., DEL BEL CURY, A.A., PANZERI, H. Influência da sorção de água e do processo de polimerização por energia de microondas na adaptabilidade de próteses totais. *Rev Odontol Univ Sao Paulo*, São Paulo, v.9, n.3, p.197-206, jul./set. 1995.
43. RODRIGUES-GARCIA, R.C.M., _____. Reembasamento de bases de prótese: métodos convencional e por microondas. *Rev Odontol Univ São Paulo*, São Paulo, v.10, n.4, p.295-302, out./dez. 1996.
44. SHERIDAN, P.J. *et al.* Citotoxicity of denture base resins. *Int J Prosthodont*, Lombard, v.10, n.1, p.73-77, Jan./Feb. 1997.
45. SKINNER, E.W. Acrylic denture base materials: their physical properties and manipulation. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.1, n.1/2, p.161-167, Jan./Mar. 1951.
46. STAFFORD, G.D., BRADEN, M. Water absorption of some denture base polymers. *J Dent Res*, Washington, v.47, n.2, p.341, Mar./Apr. 1968.
47. STOLF, W.L., CONSANI, S., RUHNKE, L.A. Influência do polimento químico sobre a resistência ao impacto das resinas acrílicas. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, v.7, n.6, p.26-30, nov./dez. 1985.
48. _____, _____, _____. Reflexão das resinas acrílicas sob a influência dos polimentos químico e mecânico. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, v.8, n.3, p.18-22, maio/jun. 1986.
49. STOLF, W.L. *et al.* Polimento químico e desgaste superficial de bases de resina acrílica para dentaduras. *Rev Paul Odontol*, São Paulo, v.16, n.4, p.17-21, jul./ago. 1994.

50. SZABÓ, G., VALDERHAUG, J., RUYTER, E. Some properties of a denture acrylic coating. *Acta Odontol Scand*, Oslo, v.43, n.4, p.249-256, Aug. 1985.
51. TAKAHASHI, Y., CHAI, J., KAWAGUCHI, M. Effect of water sorption on the resistance to plastic deformation of a denture base material relined with four different denture reline materials. *Int J Prosthodont*, Lombard, v.11, n.1, p.49-54, Jan./Feb. 1998.
52. TAYLOR, R., MARYAN, C., VERRAN, J. Retention of oral microorganisms on cobalt-chromium alloy and dental acrylic resin with different surface finishes. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.80, n.5, p.592-597, Nov. 1998.
53. TRUONG, V.T., THOMASZ, 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.
54. TURCK, M.D., RICHARDS, M.W. Microwave processing for denture relines, repairs and rebases. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.69, n.3, p.340-343, Mar. 1993.
55. 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.
56. VAN NOORT, R. *Introduction to dental material*. London: Mosby, 1995. Chap.3 pt.2, p.183-191.

Referências Bibliográficas

57. VERRAN, J., MARYAN, C.J. Retention of *Candida albicans* on acrylic resin and silicone of different surface topography. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.77, n.5, p.535-539, May 1997.
58. WHITEHEAD, S.A. Surface texture changes of a composite brushed with "tooth whitening" dentifrices. *Dent Mater*, Oxford, v.12, n.5, p.315-318, Sept. 1996.
59. WONG, D.M.S. *et al.* Effect of processing method on the dimensional accuracy and water sorption of acrylic resin dentures. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, v.81, n.3, p.300-304, Mar. 1999.

APÊNDICE

NUMERAÇÃO DAS AMOSTRAS

QUADRO 3 – Identificação da numeração das amostras segundo o tipo de resina e de polimento.

RESINA x POLIMENTO	NUMERAÇÃO
Clássico – Polimento Mecânico	7, 16, 27, 33, 42, 50, 60, 65, 73, 78.
Clássico – Polimento Químico	6, 13, 19, 24, 31, 38, 45, 52, 61, 77.
QC 20 – Polimento Mecânico	5, 12, 23, 29, 36, 46, 54, 67, 72, 80.
QC 20 – Polimento Químico	3, 11, 14, 28, 40, 47, 59, 66, 68, 75.
Acron MC – Polimento Mecânico	8, 18, 21, 35, 39, 43, 53, 57, 64, 74.
Acron MC – Polimento Químico	4, 15, 20, 30, 37, 41, 49, 55, 62, 71.
Onda Ceryl – Polimento Mecânico	2, 9, 17, 25, 32, 44, 51, 58, 69, 76.
Onda Ceryl – Polimento Químico	1, 10, 22, 26, 34, 48, 56, 63, 70, 79.

RESULTADOS ORIGINAIS

LEITURAS DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

TABELAS DE 8 A 87 – Leituras de rugosidade superficial das amostras de 1 a 80

AMOSTRA 1						AMOSTRA 2						AMOSTRA 3						AMOSTRA 4									
posição		leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmáx	posição		leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmáx	posição		leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmáx	posição		leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmáx
A	1	0,3828	0,556	0,2421	3,04	A	1	0,0268	0,0425	0,0159	1,21	A	1	0,1391	0,2349	0,1125	1,43	A	1	0,2553	0,3719	0,1233	2,02				
A	2	0,4015	0,9101	0,2424	4,54	A	2	0,0191	0,0257	0,0131	0,385	A	2	0,1064	0,1298	0,0877	1,215	A	2	0,2172	0,3015	0,1518	3,375				
A	3	0,2902	0,4045	0,1944	1,95	A	3	0,2	0,0246	0,0155	0,25	A	3	0,1553	0,2461	0,0569	1,55	A	3	0,3087	0,6214	0,2199	3,24				
A	M	0,3582	0,5189	0,2434	3,177	A	M	0,0219	0,0279	0,0178	0,615	A	M	0,1336	0,165	0,1166	1,398	A	M	0,2517	0,3353	0,2023	2,878				
B	1	0,4526	0,6717	0,1522	2,98	B	1	0,0274	0,0465	0,0207	0,835	B	1	0,1826	0,2161	0,1351	1,55	B	1	0,2659	0,3271	0,1153	6,825				
B	2	0,2154	0,2826	0,1666	2,23	B	2	0,0211	0,0281	0,0126	0,18	B	2	0,1247	0,1616	0,0931	1,415	B	2	0,2506	0,3784	0,1575	1,84				
B	3	0,2795	0,4368	0,1592	2,32	B	3	0,0184	0,024	0,0141	0,18	B	3	0,1803	0,2714	0,1424	1,4	B	3	0,287	0,3679	0,1545	2,25				
B	M	0,3158	0,4154	0,2154	2,51	B	M	0,0223	0,0244	0,0201	0,3983	B	M	0,1625	0,1779	0,1434	1,455	B	M	0,2678	0,4156	0,1685	3,638				
C	1	0,3675	0,5911	0,2215	5,865	C	1	0,0331	0,053	0,0218	0,37	C	1	0,1641	0,1986	0,1344	1,39	C	1	0,2014	0,2519	0,155	1,595				
C	2	0,2458	0,3772	0,1872	2,495	C	2	0,227	0,0297	0,0146	0,235	C	2	0,1324	0,1966	0,0863	1,495	C	2	0,2573	0,4012	0,1724	1,935				
C	3	0,2753	0,3631	0,2269	2,11	C	3	0,0245	0,0291	0,0205	0,21	C	3	0,1332	0,2215	0,0669	1,405	C	3	0,2956	0,606	0,1751	3,65				
C	M	0,2962	0,3351	0,2528	3,49	C	M	0,0267	0,0306	0,0205	0,2717	C	M	0,1432	0,1669	0,117	1,43	C	M	0,2448	0,3874	0,1988	2,393				
D	1	0,2945	0,364	0,2274	3,465	D	1	0,021	0,0331	0,0143	0,455	D	1	0,2407	0,4147	0,108	3,835	D	1	0,4883	0,7828	0,2275	4,43				
D	2	0,3131	0,5722	0,2013	4,045	D	2	0,0161	0,0185	0,0119	0,235	D	2	0,1359	0,1583	0,1074	1,69	D	2	0,1665	0,2692	0,1078	2,615				
D	3	0,2995	0,4721	0,1872	2,485	D	3	0,019	0,0232	0,0161	0,235	D	3	0,1601	0,211	0,0789	1,425	D	3	0,3677	0,8047	0,164	3,06				
D	M	0,3024	0,4026	0,2232	3,332	D	M	0,0187	0,0228	0,0158	0,3083	D	M	0,1789	0,2613	0,1058	2,317	D	M	0,3408	0,4833	0,2137	3,368				
E	1	0,4137	0,9174	0,2435	4,16	E	1	0,0564	0,1762	0,0152	2,18	E	1	0,1516	0,218	0,0991	1,66	E	1	0,3037	0,4315	0,2152	4,07				
E	2	0,3219	0,5227	0,1926	3,49	E	2	0,0216	0,0305	0,0129	0,255	E	2	0,1516	0,2127	0,0936	1,695	E	2	0,1867	0,2684	0,1418	1,37				
E	3	0,5485	1,165	0,1357	5,105	E	3	0,0182	0,0239	0,0142	0,155	E	3	0,1718	0,3159	0,0988	1,955	E	3	0,2447	0,37	0,1631	2,33				
E	M	0,428	0,6617	0,2439	4,252	E	M	0,0321	0,0701	0,0195	0,3633	E	M	0,1583	0,1842	0,1341	1,77	E	M	0,245	0,3221	0,1724	2,59				
F	1	0,4681	0,8404	0,2607	3,575	F	1	0,0255	0,0431	0,0143	0,265	F	1	0,1806	0,2219	0,1323	1,855	F	1	0,2183	0,3134	0,175	1,44				
F	2	0,2562	0,3141	0,189	1,725	F	2	0,0896	0,3331	0,0235	2,13	F	2	0,1607	0,1992	0,0824	1,57	F	2	0,2118	0,313	0,1491	2,125				
F	3	0,211	0,2655	0,1758	1,57	F	3	0,0255	0,0363	0,0202	0,25	F	3	0,1089	0,1689	0,0676	0,975	F	3	0,5979	1,204	0,2727	7,445				
F	M	0,3117	0,4733	0,2249	2,29	F	M	0,0469	0,1263	0,0232	0,8733	F	M	0,15	0,1796	0,124	1,467	F	M	0,3433	0,5429	0,2451	3,67				

Apêndice

AMOSTRA 5				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0286	0,0384	0,0163
A	2	0,0159	0,0178	0,0141
A	3	0,0255	0,0371	0,0167
A	M	0,0233	0,0285	0,0171
B	1	0,031	0,0384	0,0243
B	2	0,0289	0,0431	0,0214
B	3	0,0323	0,0386	0,0223
B	M	0,0307	0,0401	0,0251
C	1	0,027	0,0437	0,0207
C	2	0,0541	0,1096	0,0221
C	3	0,0372	0,0698	0,0208
C	M	0,0394	0,0572	0,024
D	1	0,024	0,0379	0,0149
D	2	0,1143	0,4608	0,0218
D	3	0,0285	0,0685	0,0122
D	M	0,0556	0,1718	0,0182
E	1	0,0316	0,0483	0,0231
E	2	0,0287	0,0416	0,0218
E	3	0,0237	0,0286	0,0185
E	M	0,0278	0,034	0,0202
F	1	0,0279	0,0331	0,0229
F	2	0,0262	0,0364	0,0202
F	3	0,0218	0,0265	0,0178
F	M	0,0253	0,0279	0,0218

AMOSTRA 6				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,2309	0,3025	0,1455
A	2	0,212	0,3137	0,1149
A	3	0,1689	0,2442	0,1168
A	M	0,204	0,2344	0,1786
B	1	0,2647	0,3451	0,1595
B	2	0,1858	0,257	0,1046
B	3	0,2014	0,4534	0,0954
B	M	0,2173	0,3212	0,1334
C	1	0,2004	0,3188	0,1487
C	2	0,1089	0,1623	0,0833
C	3	0,1678	0,2555	0,0749
C	M	0,159	0,2082	0,1306
D	1	0,204	0,2665	0,1431
D	2	0,2255	0,3252	0,1516
D	3	0,4335	0,9448	0,1015
D	M	0,2876	0,4975	0,1732
E	1	0,1889	0,2444	0,1397
E	2	0,2162	0,3603	0,0962
E	3	0,2066	0,2826	0,1143
E	M	0,2039	0,2656	0,1328
F	1	0,1711	0,2594	0,0911
F	2	0,1368	0,172	0,096
F	3	0,1286	0,2632	0,1185
F	M	0,1688	0,2044	0,1133

AMOSTRA 7				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0328	0,0488	0,0182
A	2	0,0535	0,178	0,0188
A	3	0,0198	0,0236	0,0141
A	M	0,0354	0,0747	0,0223
B	1	0,0233	0,0352	0,018
B	2	0,0284	0,036	0,0232
B	3	0,0246	0,037	0,017
B	M	0,0255	0,0306	0,0207
C	1	0,032	0,0689	0,0204
C	2	0,0241	0,0356	0,0158
C	3	0,1119	0,3735	0,0183
C	M	0,056	0,1422	0,025
D	1	0,0414	0,0599	0,0224
D	2	0,0233	0,0258	0,0214
D	3	0,0339	0,0285	0,0203
D	M	0,0296	0,0344	0,0249
E	1	0,0383	0,0594	0,0215
E	2	0,0292	0,0408	0,0191
E	3	0,0315	0,0492	0,0203
E	M	0,033	0,0402	0,0249
F	1	0,0353	0,0684	0,0204
F	2	0,024	0,0322	0,0159
F	3	0,0246	0,0304	0,0154
F	M	0,028	0,0402	0,0192

AMOSTRA 8				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0194	0,0225	0,0159
A	2	0,0159	0,0177	0,0126
A	3	0,0213	0,0312	0,0177
A	M	0,0189	0,0224	0,0161
B	1	0,0171	0,0196	0,0125
B	2	0,0176	0,0198	0,0154
B	3	0,0191	0,0252	0,0133
B	M	0,0179	0,0205	0,0165
C	1	0,0209	0,0238	0,018
C	2	0,0248	0,0316	0,0177
C	3	0,0283	0,0515	0,019
C	M	0,0246	0,0337	0,0185
D	1	0,0338	0,0418	0,0248
D	2	0,0409	0,0461	0,0335
D	3	0,0246	0,0372	0,0181
D	M	0,0331	0,0355	0,0202
E	1	0,0253	0,0564	0,0124
E	2	0,0409	0,0454	0,0361
E	3	0,0238	0,0286	0,0203
E	M	0,03	0,0381	0,0261
F	1	0,0242	0,026	0,0207
F	2	0,021	0,0317	0,0158
F	3	0,0257	0,0313	0,0209
F	M	0,0236	0,0281	0,0198

AMOSTRA 9				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0484	0,0821	0,0248
A	2	0,0395	0,0884	0,0185
A	3	0,0319	0,0424	0,0181
A	M	0,0399	0,0689	0,0209
B	1	0,0328	0,0766	0,0164
B	2	0,017	0,0226	0,0135
B	3	0,0214	0,0269	0,0134
B	M	0,0237	0,0389	0,0151
C	1	0,0286	0,0405	0,018
C	2	0,0294	0,0428	0,0166
C	3	0,0216	0,0257	0,0181
C	M	0,0265	0,0292	0,0209
D	1	0,0252	0,0429	0,0182
D	2	0,0325	0,044	0,0266
D	3	0,035	0,0817	0,0163
D	M	0,0309	0,0426	0,0218
E	1	0,0213	0,0292	0,0172
E	2	0,0559	0,1439	0,0235
E	3	0,0195	0,0258	0,0159
E	M	0,0322	0,0605	0,0209
F	1	0,0409	0,0816	0,0208
F	2	0,0333	0,0629	0,0215
F	3	0,023	0,03	0,0167
F	M	0,0324	0,0426	0,0222

AMOSTRA 10				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,254	0,4228	0,18
A	2	0,2957	0,545	0,2002
A	3	0,3699	0,4897	0,2822
A	M	0,3065	0,4114	0,2539
B	1	0,2718	0,3353	0,2091
B	2	0,3168	0,5797	0,1972
B	3	0,2795	0,312	0,2472
B	M	0,2893	0,3874	0,237
C	1	0,2642	0,3008	0,2416
C	2	0,3507	0,5504	0,2318
C	3	0,2787	0,3688	0,2035
C	M	0,2979	0,3905	0,2426
D	1	0,2734	0,2899	0,2575
D	2	0,2469	0,324	0,195
D	3	0,2932	0,3763	0,2327
D	M	0,2712	0,3059	0,2304
E	1	0,3035	0,3719	0,2284
E	2	0,2622	0,3338	0,2013
E	3	0,2474	0,3448	0,1789
E	M	0,2711	0,3163	0,2444
F	1	0,2879	0,2996	0,2752
F	2	0,2771	0,3277	0,2141
F	3	0,22	0,2996	0,1695
F	M	0,2617	0,2741	0,2405

AMOSTRA 11				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,2141	0,2975	0,1511
A	2	0,1791	0,2072	0,1427
A	3	0,1942	0,2421	0,1573
A	M	0,1958	0,2172	0,1747
B	1	0,1984	0,2175	0,176
B	2	0,2274	0,3139	0,1576
B	3	0,1963	0,2599	0,1409
B	M	0,2074	0,2499	0,166
C	1	0,1459	0,1607	0,1121
C	2	0,1586	0,1727	0,125
C	3	0,1908	0,2525	0,1196
C	M	0,1651	0,1873	0,1467
D	1	0,1804	0,2111	0,1479
D	2	0,2505	0,2678	0,1984
D	3	0,2055	0,2393	0,1775
D	M	0,2054	0,2394	0,1746
E	1	0,1457	0,1828	0,1133
E	2	0,1659	0,1933	0,147
E	3	0,1743	0,2063	0,1354
E	M	0,1613	0,1942	0,1499
F	1	0,1943	0,2447	0,1368
F	2	0,2099	0,2626	0,1286
F	3	0,2376	0,4007	0,1689
F	M	0,2206	0,3026	0,1643

AMOSTRA 12				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0359	0,0593	0,0135
A	2	0,0254	0,0358	0,022
A	3	0,0185	0,0246	0,0153
A	M	0,0266	0,0345	0,0202
B	1	0,025	0,0348	0,0164
B	2	0,0236	0,0287	0,0184
B	3	0,0222	0,0305	0,0165
B	M	0,0236	0,0275	0,0211
C	1	0,0392	0,0593	0,0281
C	2	0,0181	0,0202	0,014
C	3	0,0207	0,0223	0,0159
C	M	0,026	0,0308	0,0225
D	1	0,0422	0,0783	0,0244
D	2	0,022	0,0289	0,0141
D	3	0,0341	0,0829	0,0184
D	M	0,0328	0,0454	0,0201
E	1	0,0378	0,0493	0,0277
E	2	0,0499	0,15	0,0219
E	3	0,0238	0,0266	0,0205
E	M	0,0372	0,0731	0,0257
F	1	0,0314	0,0422	0,0251
F	2	0,0244	0,0308	0,0194
F	3	0,0251	0,0279	0,0218
F	M	0,027	0,0336	0,0237

AMOSTRA 13				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,1183	0,1497	0,0831
A	2	0,1411	0,1571	0,1183
A	3	0,1655	0,306	0,0854
A	M	0,1417	0,1909	0,1202
B	1	0,0915	0,1254	0,0493
B	2	0,1964	0,3061	0,1214
B	3	0,1127	0,1505	0,075
B	M	0,1335	0,177	0,0927
C	1	0,3232	0,1018	0,0981
C	2	0,1339	0,1739	0,1075
C	3	0,1816	0,3222	0,0787
C	M	0,2129	0,4056	0,137
D	1	0,1679	0,2516	0,0797
D	2	0,1172	0,1649	0,0878
D	3	0,1521	0,232	0,075
D	M	0,1457	0,2016	0,09
E	1	0,1195	0,1644	0,0998
E	2	0,076	0,1263	0,0415
E	3	0,1194	0,228	0,0548
E	M	0,165	0,1365	0,0894
F	1	0,1644	0,2989	0,1134
F	2	0,1007	0,1386	0,0599
F	3	0,1186	0,18	0,0885
F	M	0,1279	0,159	0,1079

AMOSTRA 14				
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,1657	0,207	0,1366
A	2	0,2232	0,3299	0,1406
A	3	0,2018	0,2194	0,1823
A	M	0,1969	0,2237	0,1743
B	1	0,174	0,2016	0,1527
B	2	0,2137	0,3873	0,1396
B	3	0,2016	0,2478	0,1524
B	M	0,1964	0,2547	0,1783
C	1	0,2077	0,2474	0,1372
C	2	0,1947	0,2555	0,123
C	3	0,2428	0,3262	0,1918

Apêndice

AMOSTRA 17					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,0231	0,0319	0,014	0,205
A	2	0,015	0,0198	0,0118	0,15
A	3	0,0179	0,0249	0,0117	0,46
A	M	0,0187	0,0214	0,0168	0,2717
B	1	0,0248	0,0382	0,0146	0,865
B	2	0,0215	0,0331	0,016	0,205
B	3	0,0207	0,0252	0,0174	0,23
B	M	0,0223	0,0267	0,0174	0,4333
C	1	0,029	0,0591	0,0179	0,59
C	2	0,0228	0,0283	0,0177	0,325
C	3	0,0292	0,0452	0,0192	0,32
C	M	0,027	0,0355	0,0212	0,4117
D	1	0,0174	0,0235	0,0127	0,155
D	2	0,0255	0,0436	0,0161	0,32
D	3	0,0213	0,0259	0,0172	0,225
D	M	0,0214	0,0272	0,0157	0,2333
E	1	0,0156	0,143	0,0241	0,665
E	2	0,0221	0,0285	0,0148	0,44
E	3	0,0178	0,0584	0,0151	0,395
E	M	0,0171	0,0587	0,0244	0,5
F	1	0,0268	0,0393	0,0145	0,495
F	2	0,0191	0,0232	0,0133	0,29
F	3	0,0224	0,0292	0,0203	0,195
F	M	0,0228	0,0278	0,019	0,3267

AMOSTRA 21					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,0204	0,0346	0,0104	0,29
A	2	0,0192	0,026	0,0129	0,345
A	3	0,0156	0,021	0,0116	0,215
A	M	0,0184	0,0208	0,0146	0,2833
B	1	0,0211	0,0283	0,0134	0,205
B	2	0,0276	0,039	0,0233	0,625
B	3	0,0217	0,0265	0,015	0,235
B	M	0,0258	0,0253	0,0226	0,355
C	1	0,0348	0,0624	0,0203	0,635
C	2	0,0203	0,0264	0,0142	0,245
C	3	0,0307	0,0564	0,0155	0,815
C	M	0,0286	0,0363	0,0173	0,565
D	1	0,0188	0,0242	0,0124	0,235
D	2	0,0157	0,0164	0,0137	0,145
D	3	0,0289	0,0679	0,0133	0,42
D	M	0,0211	0,0361	0,0165	0,2667
E	1	0,0261	0,0383	0,0172	0,47
E	2	0,0243	0,0315	0,018	0,25
E	3	0,0315	0,0445	0,0196	0,475
E	M	0,0273	0,0305	0,0249	0,983
F	1	0,0251	0,0325	0,0183	0,235
F	2	0,0224	0,026	0,021	0,225
F	3	0,0278	0,0421	0,0224	0,3
F	M	0,0251	0,0323	0,0221	0,2533

AMOSTRA 25					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,0245	0,0461	0,0127	1,17
A	2	0,0108	0,0141	0,0085	0,26
A	3	0,0229	0,052	0,0088	0,705
A	M	0,0193	0,0264	0,0125	0,7117
B	1	0,0381	0,0605	0,0187	0,585
B	2	0,0397	0,0635	0,0172	0,085
B	3	0,021	0,0276	0,0165	0,255
B	M	0,0329	0,0421	0,0195	0,975
C	1	0,0252	0,0332	0,0174	0,32
C	2	0,0319	0,0868	0,0141	1,295
C	3	0,0217	0,027	0,0185	0,28
C	M	0,0262	0,0464	0,0167	0,6317
D	1	0,05	0,1007	0,0168	1,28
D	2	0,0288	0,0575	0,0152	0,375
D	3	0,0367	0,0742	0,0161	0,425
D	M	0,0385	0,0693	0,0165	0,6933
E	1	0,0339	0,0509	0,0184	0,325
E	2	0,0283	0,0437	0,0181	0,355
E	3	0,0364	0,0738	0,0185	1,265
E	M	0,0329	0,0378	0,0247	0,483
F	1	0,0365	0,0457	0,0297	0,55
F	2	0,0478	0,0827	0,0175	1,74
F	3	0,0251	0,0381	0,0139	0,565
F	M	0,0364	0,0517	0,0225	0,9517

AMOSTRA 18					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,0184	0,0291	0,0097	0,255
A	2	0,0229	0,0405	0,0164	0,55
A	3	0,0194	0,0252	0,0133	0,2
A	M	0,0203	0,0288	0,0166	0,355
B	1	0,0187	0,0222	0,0158	0,22
B	2	0,0279	0,0457	0,0178	0,45
B	3	0,023	0,0393	0,0139	0,24
B	M	0,0232	0,0289	0,0193	0,3033
C	1	0,0254	0,0522	0,0197	0,405
C	2	0,0238	0,029	0,0183	0,34
C	3	0,0213	0,028	0,0185	0,235
C	M	0,0235	0,0262	0,0219	0,3267
D	1	0,0219	0,0275	0,0178	0,29
D	2	0,0232	0,0277	0,0172	0,195
D	3	0,0238	0,0354	0,0164	0,28
D	M	0,0229	0,027	0,02	0,255
E	1	0,0203	0,0245	0,0187	0,22
E	2	0,0235	0,0377	0,0149	0,33
E	3	0,0246	0,0304	0,0168	0,295
E	M	0,0228	0,0284	0,0188	0,2817
F	1	0,0224	0,0244	0,0189	0,325
F	2	0,0209	0,0263	0,0162	0,185
F	3	0,0213	0,0248	0,0183	0,18
F	M	0,0215	0,0237	0,0198	0,23

AMOSTRA 22					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,4636	0,8257	0,3044	3,625
A	2	0,3148	0,4363	0,2413	2,01
A	3	0,3263	0,4177	0,2571	2,015
A	M	0,3682	0,4815	0,2781	2,55
B	1	0,2763	0,3453	0,2029	1,475
B	2	0,4345	0,779	0,2492	3,36
B	3	0,294	0,4187	0,1538	2,505
B	M	0,3349	0,4716	0,2686	2,447
C	1	0,2009	0,2448	0,1753	1,63
C	2	0,2622	0,3558	0,2021	1,37
C	3	0,2652	0,4382	0,138	2,74
C	M	0,2428	0,2819	0,1835	1,913
D	1	0,2977	0,3476	0,1972	1,92
D	2	0,2483	0,3351	0,1618	2,145
D	3	0,3282	0,5311	0,2171	2,715
D	M	0,2914	0,3497	0,2292	2,26
E	1	0,3304	0,423	0,2604	2,575
E	2	0,3464	0,4221	0,3054	2,525
E	3	0,401	0,6709	0,1977	3,04
E	M	0,4259	0,7099	0,3163	4,89
F	1	0,3245	0,5373	0,2192	3,25
F	2	0,3811	0,5463	0,2287	3,125
F	3	0,2384	0,2556	0,2179	1,22
F	M	0,3147	0,3853	0,2712	2,512

AMOSTRA 26					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,351	0,6152	0,1571	3,475
A	2	0,2075	0,2715	0,1605	1,435
A	3	0,4175	0,6412	0,2373	4,11
A	M	0,3253	0,4345	0,1854	3,013
B	1	0,2634	0,478	0,1633	2,81
B	2	0,2733	0,4446	0,1408	3,205
B	3	0,2655	0,3877	0,1261	2,63
B	M	0,2674	0,3427	0,1993	2,882
C	1	0,1996	0,3203	0,1467	1,9
C	2	0,1862	0,2333	0,1114	1,865
C	3	0,2849	0,6327	0,1198	5,975
C	M	0,2236	0,3493	0,1723	3,247
D	1	0,1541	0,1908	0,1099	1,235
D	2	0,1968	0,3172	0,1161	1,97
D	3	0,2496	0,459	0,1513	2,105
D	M	0,1972	0,2473	0,1556	1,77
E	1	0,3104	0,5988	0,1922	3,255
E	2	0,3954	0,6481	0,2441	2,85
E	3	0,2459	0,4538	0,1289	2,38
E	M	0,3172	0,5566	0,2386	2,828
F	1	0,1741	0,2319	0,1339	1,135
F	2	0,2258	0,3328	0,153	1,62
F	3	0,2293	0,3135	0,1194	1,825
F	M	0,2097	0,2435	0,1585	1,527

AMOSTRA 19					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,3361	0,5417	0,2375	2,26
A	2	0,3588	0,4192	0,3173	1,985
A	3	0,4042	0,6477	0,3077	2,36
A	M	0,3664	0,5211	0,3111	2,268
B	1	0,3295	0,5349	0,1733	5,105
B	2	0,3258	0,3851	0,2357	1,975
B	3	0,3446	0,951	0,3464	4,505
B	M	0,4	0,5427	0,2735	3,862
C	1	0,2925	0,352	0,2445	1,475
C	2	0,3138	0,4956	0,19	2,03
C	3	0,3793	0,6627	0,2776	3,805
C	M	0,3285	0,4676	0,257	2,437
D	1	0,4199	0,677	0,336	3,215
D	2	0,3415	0,5574	0,1818	2,255
D	3	0,2562	0,3059	0,1684	1,295
D	M	0,3459	0,4339	0,2607	2,255
E	1	0,5139	0,8788	0,2781	4,025
E	2	0,3245	0,4041	0,2595	1,65
E	3	0,3903	0,6258	0,2382	2,295
E	M	0,4096	0,4588	0,3853	2,657
F	1	0,6227	1,011	0,1366	10,15
F	2	0,4051	0,9958	0,2183	5,175
F	3	0,5921	0,5278	0,2594	5,175
F	M	0,4733	0,8353	0,2048	6,167

AMOSTRA 23					
versículo	leitura	Ra	Ramãx	Ramin	Rmãx
A	1	0,0408	0,0517	0,0248	0,48
A	2	0,0347	0,0448	0,0261	0,57
A	3	0,0284	0,032	0,0246	0,335
A	M	0,0346	0,0388	0,0266	0,4617
B	1	0,0293	0,0399	0,0196	0,36
B	2	0,0204	0,0308	0,013	0,19
B	3	0,0207	0,0293	0,0139	0,24
B	M	0,0235	0,0266	0,0192	0,2633
C	1	0,0406	0,0483	0,0359	0,49
C	2	0,0324	0,0451	0,0272	0,355
C	3	0,0457	0,0602	0,0369	0,425
C	M	0,0396	0,0468	0,0346	0,4233
D	1	0,0436	0,0617	0,0295	0,65
D	2	0,0532	0,0592	0,0426	0,585
D	3	0,0328	0,0394	0,0286	0,325
D	M	0,0432	0,0485	0,0383	0,52
E	1	0,0241	0,0414	0,0144	0,525
E	2	0,0208	0,0264	0,0157	0,255
E	3	0,0247	0,0345	0,0139	0,355
E	M	0,0252	0,0284	0,0176	0,3783
F	1	0,0358	0,0523	0,0236	0,69
F	2	0,028	0,0353	0,0252	0,46
F	3	0,0317	0,0361	0,0229	0,43

Apêndice

AMOSTRA 29					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0451	0,0659	0,0302	0,57
A	2	0,0266	0,0296	0,0247	0,245
A	3	0,0281	0,0335	0,0204	0,22
A	M	0,0333	0,0407	0,0282	0,345
B	1	0,0341	0,0419	0,0292	0,345
B	2	0,0328	0,0434	0,0227	0,47
B	3	0,0353	0,0477	0,0261	0,635
B	M	0,0341	0,0385	0,0289	0,4833
C	1	0,0306	0,0332	0,0257	0,26
C	2	0,0512	0,09	0,0285	0,575
C	3	0,0342	0,0395	0,0232	0,28
C	M	0,0387	0,0541	0,0209	0,405
D	1	0,1044	0,3943	0,0227	1,875
D	2	0,0322	0,0508	0,0228	0,465
D	3	0,0524	0,1468	0,0176	1,13
D	M	0,063	0,1535	0,0284	1,49
E	1	0,0441	0,0639	0,0283	0,68
E	2	0,0401	0,0431	0,0363	0,31
E	3	0,0318	0,0355	0,0247	0,365
E	M	0,0387	0,046	0,032	0,4517
F	1	0,0291	0,0495	0,0201	0,39
F	2	0,0339	0,0441	0,024	0,725
F	3	0,0335	0,0383	0,0291	0,415
F	M	0,0322	0,0423	0,0281	0,51

AMOSTRA 33					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0499	0,0681	0,0347	0,32
A	2	0,0312	0,0574	0,0199	0,65
A	3	0,0172	0,0215	0,0129	0,15
A	M	0,0328	0,0432	0,0232	0,373
B	1	0,0332	0,0829	0,02	0,655
B	2	0,0266	0,0274	0,0254	0,425
B	3	0,0238	0,0291	0,0186	0,53
B	M	0,0285	0,043	0,0223	0,5367
C	1	0,0289	0,0536	0,0181	0,38
C	2	0,0348	0,0608	0,0219	0,625
C	3	0,0393	0,1055	0,019	0,865
C	M	0,0343	0,0517	0,0199	0,6233
D	1	0,0314	0,0443	0,02	0,095
D	2	0,0224	0,0333	0,0163	0,205
D	3	0,0204	0,0298	0,0129	0,26
D	M	0,0247	0,0271	0,0219	0,52
E	1	0,038	0,0771	0,02	1,725
E	2	0,0314	0,0612	0,0221	0,895
E	3	0,0478	0,1187	0,0182	2,535
E	M	0,0391	0,074	0,0222	1,718
F	1	0,039	0,0869	0,0172	2,575
F	2	0,0621	0,1338	0,0275	1,98
F	3	0,0204	0,0233	0,0143	0,275
F	M	0,0405	0,0559	0,0257	1,61

AMOSTRA 37					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,414	0,6601	0,2753	3,055
A	2	0,3515	0,3974	0,3055	1,91
A	3	0,4199	0,5494	0,3376	3,225
A	M	0,3951	0,44	0,3543	2,737
B	1	0,446	0,5003	0,3204	2,585
B	2	0,4236	0,4817	0,3563	2,56
B	3	0,4254	0,6019	0,2634	3,12
B	M	0,4317	0,5089	0,3765	2,755
C	1	0,4725	0,5515	0,3745	2,535
C	2	0,4852	0,6723	0,3999	2,78
C	3	0,3759	0,5914	0,2075	2,43
C	M	0,4455	0,488	0,379	2,582
D	1	0,3607	0,5142	0,2863	2,535
D	2	0,4042	0,5001	0,2785	3,305
D	3	0,3927	0,4798	0,2794	2,895
D	M	0,3858	0,4981	0,329	2,912
E	1	0,3601	0,4731	0,2967	3,1
E	2	0,4147	0,4908	0,2775	3,16
E	3	0,5049	0,7082	0,3919	3,41
E	M	0,4266	0,5191	0,3548	3,228
F	1	0,3914	0,6021	0,2363	2,415
F	2	0,4481	0,5632	0,3315	2,73
F	3	0,4472	0,5644	0,3514	2,61
F	M	0,4289	0,5185	0,341	2,598

AMOSTRA 30					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,2922	0,3392	0,2277	2,37
A	2	0,2723	0,3708	0,1996	2,68
A	3	0,2603	0,295	0,1997	2,035
A	M	0,2749	0,3182	0,2461	2,362
B	1	0,3416	0,6635	0,2201	4,68
B	2	0,4973	0,789	0,3058	6,67
B	3	0,3341	0,4474	0,2464	4,34
B	M	0,391	0,594	0,2653	5,23
C	1	0,3019	0,3387	0,2392	2,605
C	2	0,3976	0,5987	0,2209	7,01
C	3	0,384	0,8537	0,2195	5,885
C	M	0,3612	0,4879	0,2679	5,167
D	1	0,3465	0,5166	0,2088	2,855
D	2	0,2727	0,3913	0,1805	2,295
D	3	0,2399	0,4061	0,1122	1,715
D	M	0,2863	0,3738	0,2245	2,288
E	1	0,3106	0,3491	0,264	2,42
E	2	0,2954	0,3491	0,2466	2,33
E	3	0,3766	0,4214	0,3414	3,585
E	M	0,3275	0,3732	0,3085	2,778
F	1	0,3321	0,5095	0,2549	3,695
F	2	0,302	0,3955	0,2646	2,775
F	3	0,3727	0,4389	0,2835	2,43
F	M	0,3156	0,448	0,2809	2,967

AMOSTRA 34					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,3176	0,402	0,2352	2,835
A	2	0,3461	0,4699	0,2471	2,465
A	3	0,3164	0,4353	0,2628	1,96
A	M	0,3267	0,3929	0,2483	2,42
B	1	0,4222	0,7895	0,2552	3,85
B	2	0,2826	0,3146	0,2527	1,455
B	3	0,3142	0,5301	0,2213	3,01
B	M	0,3397	0,4524	0,2677	2,765
C	1	0,2828	0,3135	0,2512	1,67
C	2	0,2668	0,38	0,2136	2,32
C	3	0,2816	0,4033	0,2033	1,9
C	M	0,2771	0,3656	0,2303	1,963
D	1	0,4343	0,6754	0,2736	3,825
D	2	0,3977	0,6619	0,2292	2,8
D	3	0,3725	0,4707	0,2828	2,205
D	M	0,4015	0,506	0,2921	2,943
E	1	0,2574	0,306	0,2083	1,815
E	2	0,3253	0,3887	0,2664	3,27
E	3	0,3386	0,5564	0,2588	3,025
E	M	0,3071	0,3884	0,2672	2,703
F	1	0,299	0,3416	0,2607	1,685
F	2	0,3295	0,3851	0,2485	2,865
F	3	0,4848	0,8628	0,3469	5,525
F	M	0,3711	0,5258	0,2961	3,358

AMOSTRA 38					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0793	0,1007	0,0514	0,515
A	2	0,2098	0,5626	0,0877	4,125
A	3	0,0964	0,1332	0,0706	0,615
A	M	0,1285	0,2282	0,0817	1,752
B	1	0,1099	0,1364	0,0791	0,69
B	2	0,0765	0,0902	0,0632	0,385
B	3	0,0627	0,0811	0,0395	0,345
B	M	0,083	0,0961	0,0696	0,4733
C	1	0,1182	0,2532	0,0418	1,315
C	2	0,1072	0,1487	0,0828	0,59
C	3	0,0806	0,1363	0,0433	1,865
C	M	0,102	0,1464	0,07	1,257
D	1	0,0939	0,1335	0,0445	0,635
D	2	0,0911	0,1302	0,0514	0,51
D	3	0,078	0,0928	0,0622	0,4
D	M	0,0877	0,117	0,0575	0,515
E	1	0,0932	0,1442	0,0627	0,43
E	2	0,1023	0,1553	0,0417	0,62
E	3	0,0694	0,1119	0,052	0,415
E	M	0,0883	0,1057	0,0588	0,4883
F	1	0,1076	0,1343	0,0773	0,805
F	2	0,0919	0,1025	0,0826	0,415
F	3	0,128	0,2108	0,0636	0,7
F	M	0,1092	0,1401	0,0912	0,64

AMOSTRA 31					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,189	0,3024	0,0707	2,18
A	2	0,1775	0,2287	0,1364	0,8
A	3	0,1322	0,2011	0,0897	0,715
A	M	0,1635	0,223	0,1094	1,232
B	1	0,1471	0,2319	0,066	0,83
B	2	0,2044	0,3301	0,1262	1,765
B	3	0,0941	0,1505	0,0424	0,73
B	M	0,1485	0,2015	0,0976	1,108
C	1	0,1045	0,1484	0,0525	0,76
C	2	0,1813	0,3077	0,0793	1,9
C	3	0,1879	0,3088	0,1309	1,285
C	M	0,1579	0,2023	0,1175	1,315
D	1	0,1093	0,151	0,0616	0,835
D	2	0,1603	0,2862	0,1096	1,045
D	3	0,1393	0,186	0,0784	1,015
D	M	0,1363	0,1895	0,1104	0,965
E	1	0,1764	0,2714	0,1275	1,19
E	2	0,1288	0,1525	0,0932	0,78
E	3	0,1441	0,2233	0,0448	0,975
E	M	0,1498	0,2016	0,1163	0,9817
F	1	0,1646	0,2571	0,0628	1,425
F	2	0,1536	0,2792	0,0593	0,995
F	3	0,1716	0,1967	0,1561	0,765
F	M	0,1632	0,2277	0,1215	1,062

AMOSTRA 35					
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0227	0,0253	0,0195	0,235
A	2	0,0275	0,0317	0,0227	0,395
A	3	0,024	0,0299	0,0168	0,385
A	M	0,0247	0,0272	0,0215	0,3383
B	1	0,0222	0,0392	0,0146	0,77
B	2	0,0182	0,0263	0,015	0,29
B	3	0,0197	0,027	0,0159	0,185
B	M	0,02	0,0271	0,0176	0,415
C	1	0,0268	0,0369	0,0195	0,425
C	2	0,0305	0,0394	0,0262	0,25
C	3	0,0203	0,0241	0,0171	0,32
C	M	0,0259	0,0295	0,0236	0,3317
D	1	0,0259	0,0336	0,0176	0,365
D	2	0,0206	0,0227	0,0185	0,235
D	3	0,0314	0,0503	0,0138	0,42
D	M	0,026	0,0344	0,018	0,34
E	1	0,017	0,0223	0,0133	0,255
E	2	0,0243	0,0288	0,0205	0,245
E	3	0,0172	0,0244	0,0117	0,195
E	M	0,0195	0,0222	0,0172	0,2317
F	1	0,0308	0,0424	0,0229	0,785
F	2	0,0234	0,0302	0,0206	0,345
F	3	0,0241	0,0283	0,0156	0,255
F	M	0,0261	0,0314	0,0209	0,4617

Apêndice

AMOSTRA 41

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,2385	0,368	0,1526	1,625
A	2	0,1035	0,1127	0,0924	0,087
A	3	0,1105	0,1324	0,0921	0,86
A	M	0,1508	0,1877	0,1203	1,118
B	1	0,1523	0,1792	0,1066	1,05
B	2	0,1166	0,1362	0,1029	1,21
B	3	0,1532	0,2436	0,1178	1,655
B	M	0,1407	0,176	0,1157	1,205
C	1	0,2866	0,7148	0,143	4,3
C	2	0,1695	0,2187	0,1124	2,37
C	3	0,186	0,194	0,1762	1,36
C	M	0,2141	0,3614	0,1478	2,743
D	1	0,2143	0,4902	0,1396	2,16
D	2	0,1533	0,238	0,1009	1,58
D	3	0,1631	0,217	0,1178	1,55
D	M	0,1769	0,2909	0,1283	1,763
E	1	0,1694	0,2455	0,0982	1,795
E	2	0,1109	0,1284	0,1025	0,875
E	3	0,2358	0,5086	0,1256	6,75
E	M	0,172	0,2683	0,1409	3,14
F	1	0,2028	0,4202	0,1097	2,18
F	2	0,1459	0,1957	0,0921	1,61
F	3	0,1198	0,1312	0,104	0,77
F	M	0,1562	0,2557	0,1144	1,52

AMOSTRA 42

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,0334	0,0515	0,0194	0,47
A	2	0,0349	0,0431	0,0286	0,34
A	3	0,0275	0,0568	0,0133	0,9
A	M	0,0319	0,0487	0,0205	0,57
B	1	0,0256	0,0387	0,0179	0,495
B	2	0,0172	0,0203	0,0134	0,145
B	3	0,0203	0,0226	0,0163	0,3
B	M	0,021	0,0264	0,0171	0,3133
C	1	0,0259	0,0356	0,0166	0,425
C	2	0,0226	0,0408	0,013	0,22
C	3	0,0144	0,0175	0,0113	0,125
C	M	0,021	0,0295	0,0169	0,2567
D	1	0,0329	0,0481	0,0277	0,485
D	2	0,0287	0,0504	0,0168	0,795
D	3	0,0261	0,0284	0,0218	0,205
D	M	0,0292	0,0347	0,0257	0,495
E	1	0,0305	0,0488	0,0248	0,335
E	2	0,0281	0,0421	0,0173	0,37
E	3	0,0307	0,0574	0,0167	0,42
E	M	0,0297	0,0365	0,0227	0,375
F	1	0,0203	0,0267	0,0107	0,275
F	2	0,0147	0,0183	0,0102	0,085
F	3	0,017	0,0428	0,0077	0,35
F	M	0,0175	0,027	0,0131	0,2367

AMOSTRA 43

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,0348	0,0786	0,0212	1,885
A	2	0,0248	0,0322	0,0171	0,17
A	3	0,0198	0,028	0,0157	0,265
A	M	0,0263	0,0403	0,0199	0,7735
B	1	0,0247	0,0346	0,0148	0,43
B	2	0,0244	0,0328	0,0135	0,295
B	3	0,028	0,0409	0,0223	0,315
B	M	0,0257	0,03	0,0196	0,3467
C	1	0,0186	0,025	0,0144	0,155
C	2	0,0259	0,0438	0,0135	0,58
C	3	0,0163	0,0194	0,0129	0,48
C	M	0,0203	0,025	0,016	0,405
D	1	0,0472	0,0966	0,0216	1,675
D	2	0,0234	0,0387	0,0135	0,245
D	3	0,0238	0,0304	0,0177	0,785
D	M	0,0314	0,0455	0,0262	0,9017
E	1	0,0418	0,084	0,0206	1,3
E	2	0,0311	0,0617	0,0199	0,31
E	3	0,0221	0,0262	0,0169	0,215
E	M	0,0317	0,0654	0,0207	0,6083
F	1	0,0216	0,0301	0,0118	0,225
F	2	0,0184	0,024	0,0122	0,24
F	3	0,0218	0,0365	0,0121	0,265
F	M	0,0206	0,038	0,0144	0,2433

AMOSTRA 44

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,0521	0,0804	0,0384	0,48
A	2	0,0742	0,1468	0,0384	0,47
A	3	0,0466	0,0599	0,037	0,325
A	M	0,0576	0,0825	0,0431	0,425
B	1	0,0353	0,0397	0,0323	0,38
B	2	0,0327	0,0445	0,019	0,495
B	3	0,0293	0,0402	0,0196	0,53
B	M	0,0324	0,0415	0,0267	0,4683
C	1	0,0375	0,0565	0,0307	0,505
C	2	0,0413	0,0484	0,0305	0,61
C	3	0,081	0,2449	0,03	3,81
C	M	0,0532	0,1149	0,0304	1,642
D	1	0,034	0,0505	0,0196	0,34
D	2	0,0426	0,0513	0,0351	0,575
D	3	0,0341	0,044	0,0237	0,395
D	M	0,0369	0,0411	0,031	0,4367
E	1	0,0227	0,0347	0,0168	0,205
E	2	0,0289	0,0353	0,0184	0,275
E	3	0,0412	0,118	0,0172	1,25
E	M	0,0309	0,0542	0,0178	0,5767
F	1	0,0256	0,0346	0,0182	0,38
F	2	0,0543	0,0962	0,0286	0,615
F	3	0,0353	0,0479	0,0293	0,395
F	M	0,0384	0,0538	0,0259	0,4633

AMOSTRA 45

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,1789	0,2223	0,1288	1,505
A	2	0,2454	0,3718	0,1563	2,14
A	3	0,3836	0,5975	0,1692	3,955
A	M	0,2693	0,3408	0,2029	2,533
B	1	0,1895	0,2444	0,1568	1,38
B	2	0,2475	0,3918	0,158	2,405
B	3	0,2441	0,4277	0,1291	2,45
B	M	0,227	0,3192	0,1679	2,078
C	1	0,1856	0,2511	0,1047	1,185
C	2	0,1892	0,2154	0,1361	1,115
C	3	0,1978	0,3107	0,1593	1,76
C	M	0,1909	0,239	0,1567	1,353
D	1	0,2465	0,3565	0,1414	1,945
D	2	0,3188	0,4323	0,155	2,965
D	3	0,418	0,7267	0,267	5,335
D	M	0,3278	0,4758	0,2123	2,815
E	1	0,2881	0,5071	0,1409	3,955
E	2	0,4125	0,6506	0,2918	4,085
E	3	0,2116	0,2613	0,1503	1,36
E	M	0,3041	0,5978	0,2284	3,133
F	1	0,2456	0,2853	0,1692	1,6
F	2	0,192	0,245	0,1474	1,38
F	3	0,2369	0,363	0,1631	1,555
F	M	0,2248	0,2978	0,1948	1,512

AMOSTRA 46

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,0189	0,026	0,0133	0,18
A	2	0,0129	0,0154	0,0105	0,085
A	3	0,0198	0,0255	0,0163	0,17
A	M	0,0172	0,02	0,0148	0,145
B	1	0,0376	0,0745	0,0237	0,375
B	2	0,0276	0,0332	0,0224	0,34
B	3	0,0352	0,0693	0,0198	1
B	M	0,0334	0,0453	0,0236	0,5717
C	1	0,0449	0,0681	0,019	0,37
C	2	0,0267	0,0284	0,0245	0,955
C	3	0,027	0,0358	0,0197	0,455
C	M	0,0329	0,0598	0,0249	0,5933
D	1	0,0224	0,0321	0,0177	0,245
D	2	0,0221	0,0324	0,0116	0,2
D	3	0,0304	0,0532	0,019	0,88
D	M	0,025	0,0312	0,0209	0,4417
E	1	0,0651	0,1673	0,0276	2,385
E	2	0,0275	0,0315	0,025	0,25
E	3	0,0325	0,0463	0,0239	0,365
E	M	0,0417	0,0802	0,0275	1
F	1	0,0406	0,0564	0,0294	0,67
F	2	0,0281	0,0301	0,0252	0,295
F	3	0,0345	0,0416	0,03	0,36
F	M	0,0344	0,041	0,0292	0,4417

AMOSTRA 47

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,235	0,3273	0,1413	1,785
A	2	0,2171	0,278	0,1314	2,23
A	3	0,2181	0,2432	0,1682	1,17
A	M	0,2234	0,2347	0,2103	1,728
B	1	0,2659	0,31	0,2171	1,62
B	2	0,2331	0,2922	0,1719	1,575
B	3	0,2307	0,2964	0,1686	1,44
B	M	0,2452	0,2988	0,2076	1,545
C	1	0,2383	0,2814	0,1809	1,69
C	2	0,2448	0,2848	0,1712	1,695
C	3	0,2439	0,2714	0,1648	1,65
C	M	0,2423	0,2674	0,224	1,678
D	1	0,1814	0,2303	0,1331	1,08
D	2	0,2239	0,267	0,1443	1,75
D	3	0,214	0,2835	0,1357	1,405
D	M	0,2065	0,231	0,1758	1,412
E	1	0,2264	0,2594	0,1843	1,675
E	2	0,2153	0,3141	0,1585	1,77
E	3	0,2488	0,3302	0,1475	1,54
E	M	0,2302	0,295	0,1997	1,662
F	1	0,2435	0,2832	0,2201	1,415
F	2	0,2301	0,2778	0,1705	2,385
F	3	0,2207	0,258	0,1898	1,76
F	M	0,2314	0,2499	0,21	1,853

AMOSTRA 48

resposta	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmix
A	1	0,2027	0,3494	0,1079	3,895
A	2	0,2402	0,412	0,1364	2,855
A	3	0,1874	0,3317	0,1218	1,65
A	M	0,2101	0,2816	0,1411	2,8
B	1	0,2084	0,2475	0,1714	1,605
B	2	0,1499	0,2103	0,0946	1,455
B	3	0,248	0,5661	0,1329	2,77
B	M	0,2021	0,3251	0,1586	1,945
C	1	0,2756	0,662	0,1188	3,42
C	2	0,1959	0,3809	0,1135	3,405
C	3	0,1935	0,3017	0,1433	1,445
C	M	0,2217	0,3562	0,1407	2,757
D	1	0,1516	0,1595	0,1394	1,085
D	2	0,3096	0,4739	0,1587	2,1
D	3	0,1769	0,2195	0,1451	1,395
D	M	0,2127	0,2601	0,1478	1,527
E	1	0,1827	0,2495	0,1315	1,51
E	2	0,2044	0,4213	0,1073	2,285
E	3	0,4669	0,8728	0,1797	6,215
E	M	0,2847	0,3866	0,1788	3,337
F	1	0,1859	0,2551	0,1422	1,305
F	2	0,1821	0,233	0,1282	1,085
F	3	0,1557	0,2157	0,1099	1,04
F	M	0,1745	0,2219	0,1378	1,143

AMOSTRA 49

A	1	0.2154	0.2704	0.1866	1.56
A	2	0.2233	0.2664	0.1984	1.47
A	3	0.2186	0.2671	0.155	1.83
A	M	0.2191	0.2482	0.1977	1.45
B	1	0.2034	0.2442	0.1592	2.15
B	2	0.2123	0.2671	0.1288	4.155
B	3	0.1676	0.2071	0.1196	1.49
B	M	0.1944	0.2237	0.1601	2.59
C	1	0.2845	0.4846	0.1952	2.755
C	2	0.232	0.2908	0.1733	2.65
C	3	0.2402	0.2891	0.2063	1.64
C	M	0.2532	0.2895	0.2064	2.253
D	1	0.3591	0.49	0.1624	6.1
D	2	0.2388	0.2516	0.2213	1.99
D	3	0.2259	0.2832	0.159	1.725
D	M	0.2736	0.4918	0.2075	3.272
E	1	0.1622	0.2032	0.1336	1.145
E	2	0.1906	0.3704	0.1093	2.535
E	3	0.1826	0.2119	0.1549	1.37
E	M	0.1784	0.2451	0.1447	1.683
F	1	0.2165	0.2687	0.1821	1.61
F	2	0.2862	0.3861	0.1837	3.05
F	3	0.2195	0.271	0.2027	1.915
F	M	0.2407	0.2584	0.2223	2.198

Apêndice

AMOSTRA 53				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0229	0,0178	0,0181
A	2	0,0275	0,0363	0,0209
A	3	0,0267	0,0377	0,0138
A	M	0,0257	0,0299	0,0185
B	1	0,0247	0,0372	0,0192
B	2	0,0228	0,026	0,0177
B	3	0,0305	0,0415	0,0171
B	M	0,026	0,0341	0,0206
C	1	0,0202	0,0251	0,0149
C	2	0,0221	0,0261	0,0144
C	3	0,0184	0,0215	0,0151
C	M	0,0202	0,0216	0,0187
D	1	0,0336	0,0522	0,0254
D	2	0,0262	0,0294	0,0243
D	3	0,0235	0,0314	0,0182
D	M	0,0236	0,0316	0,0209
E	1	0,0258	0,0403	0,019
E	2	0,0333	0,0539	0,0184
E	3	0,0329	0,0552	0,0223
E	M	0,0306	0,0442	0,0224
F	1	0,0243	0,0315	0,0119
F	2	0,0202	0,027	0,0164
F	3	0,0225	0,0294	0,016
F	M	0,0223	0,0269	0,0169

AMOSTRA 54				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0501	0,1018	0,0216
A	2	0,0318	0,0496	0,0216
A	3	0,0279	0,0334	0,0245
A	M	0,0366	0,051	0,0241
B	1	0,0251	0,0384	0,0148
B	2	0,0247	0,0314	0,0143
B	3	0,0188	0,0248	0,0136
B	M	0,0228	0,0291	0,0182
C	1	0,0231	0,029	0,0156
C	2	0,0277	0,0462	0,018
C	3	0,02	0,0238	0,0172
C	M	0,0236	0,0316	0,0209
D	1	0,0235	0,0346	0,017
D	2	0,0225	0,0267	0,0185
D	3	0,0212	0,0288	0,0163
D	M	0,0224	0,025	0,0202
E	1	0,0351	0,0431	0,026
E	2	0,0246	0,0342	0,0161
E	3	0,0275	0,046	0,0125
E	M	0,0291	0,0352	0,0236
F	1	0,0251	0,0398	0,0182
F	2	0,0311	0,0494	0,0215
F	3	0,0274	0,0334	0,0189
F	M	0,0279	0,0347	0,0225

AMOSTRA 55				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,1958	0,2398	0,1363
A	2	0,1392	0,1675	0,1182
A	3	0,1919	0,2296	0,124
A	M	0,1756	0,1959	0,1526
B	1	0,1852	0,2625	0,114
B	2	0,2769	0,6643	0,1619
B	3	0,1621	0,1943	0,1222
B	M	0,2081	0,3656	0,1415
C	1	0,1977	0,2539	0,1711
C	2	0,2126	0,2601	0,1798
C	3	0,1919	0,2428	0,1428
C	M	0,2014	0,2297	0,1659
D	1	0,3091	0,8342	0,1327
D	2	0,2038	0,2256	0,189
D	3	0,1607	0,1803	0,1454
D	M	0,2245	0,3945	0,1764
E	1	0,1529	0,1727	0,1157
E	2	0,225	0,3035	0,1313
E	3	0,1626	0,1995	0,1254
E	M	0,1802	0,2125	0,1498
F	1	0,2001	0,2644	0,1574
F	2	0,1993	0,2782	0,1642
F	3	0,1671	0,2011	0,1398
F	M	0,1888	0,2059	0,1702

AMOSTRA 56				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,4195	0,5191	0,3477
A	2	0,2768	0,4274	0,1589
A	3	0,1664	0,2309	0,1161
A	M	0,2876	0,3845	0,2362
B	1	0,2261	0,3564	0,1033
B	2	0,1788	0,233	0,1375
B	3	0,1922	0,2412	0,1437
B	M	0,199	0,2165	0,1527
C	1	0,2422	0,427	0,1629
C	2	0,2734	0,4491	0,1796
C	3	0,2168	0,3971	0,145
C	M	0,2442	0,4244	0,1759
D	1	0,2749	0,5161	0,108
D	2	0,2028	0,2758	0,0895
D	3	0,2325	0,5009	0,1238
D	M	0,2701	0,5208	0,1605
E	1	0,3376	0,4083	0,1155
E	2	0,3618	0,9268	0,1212
E	3	0,2422	0,612	0,1447
E	M	0,3077	0,5603	0,1623
F	1	0,1918	0,2798	0,1323
F	2	0,3688	1,125	0,1305
F	3	0,2137	0,251	0,1099
F	M	0,2581	0,4841	0,1724

AMOSTRA 57				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0521	0,0585	0,0461
A	2	0,0536	0,0582	0,0496
A	3	0,0544	0,0639	0,0433
A	M	0,0534	0,0556	0,0508
B	1	0,0218	0,0234	0,0165
B	2	0,019	0,0324	0,0114
B	3	0,0178	0,0209	0,015
B	M	0,0195	0,0232	0,017
C	1	0,0386	0,0445	0,0311
C	2	0,0337	0,0419	0,0285
C	3	0,0668	0,1863	0,0296
C	M	0,0464	0,0824	0,033
D	1	0,0241	0,0276	0,0178
D	2	0,0211	0,026	0,0181
D	3	0,0243	0,0377	0,0184
D	M	0,0232	0,0269	0,0204
E	1	0,0218	0,0275	0,0163
E	2	0,0209	0,0287	0,0117
E	3	0,0233	0,0354	0,0141
E	M	0,0232	0,0304	0,0166
F	1	0,033	0,0521	0,0229
F	2	0,0295	0,0365	0,0223
F	3	0,0282	0,0382	0,0238
F	M	0,302	0,036	0,0254

AMOSTRA 58				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,1108	0,2147	0,0481
A	2	0,0333	0,0551	0,0244
A	3	0,0228	0,0276	0,0147
A	M	0,0557	0,0991	0,0326
B	1	0,0269	0,0376	0,0164
B	2	0,013	0,0193	0,0092
B	3	0,0393	0,0881	0,0139
B	M	0,0264	0,0449	0,0149
C	1	0,0421	0,0767	0,0247
C	2	0,0909	0,2513	0,0315
C	3	0,0144	0,0163	0,0129
C	M	0,0491	0,101	0,0241
D	1	0,0191	0,0227	0,0151
D	2	0,034	0,1007	0,0154
D	3	0,0326	0,0283	0,0152
D	M	0,0253	0,0478	0,0184
E	1	0,0156	0,0187	0,0166
E	2	0,0131	0,0148	0,0109
E	3	0,0207	0,0335	0,0137
E	M	0,0165	0,0183	0,015
F	1	0,0393	0,0654	0,0189
F	2	0,0375	0,0687	0,0215
F	3	0,0179	0,0212	0,0128
F	M	0,0315	0,0446	0,023

AMOSTRA 59				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,1413	0,1662	0,1121
A	2	0,127	0,1436	0,106
A	3	0,1339	0,1579	0,0937
A	M	0,1341	0,1448	0,1103
B	1	0,1573	0,2173	0,105
B	2	0,1381	0,2083	0,0803
B	3	0,1242	0,1648	0,0995
B	M	0,1398	0,1633	0,1061
C	1	0,1586	0,1898	0,1278
C	2	0,1467	0,1846	0,0955
C	3	0,1491	0,2019	0,0999
C	M	0,1515	0,1714	0,1418
D	1	0,2291	0,3847	0,1306
D	2	0,212	0,26	0,1485
D	3	0,1579	0,2488	0,0986
D	M	0,1997	0,2542	0,1606
E	1	0,1828	0,2065	0,1507
E	2	0,1705	0,2117	0,1262
E	3	0,1783	0,2314	0,094
E	M	0,1772	0,2086	0,1301
F	1	0,1707	0,1998	0,0877
F	2	0,1453	0,1644	0,1119
F	3	0,1535	0,2558	0,1134
F	M	0,1564	0,2011	0,1331

AMOSTRA 60				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,0262	0,0415	0,0182
A	2	0,016	0,0202	0,012
A	3	0,0196	0,0243	0,0175
A	M	0,0206	0,0259	0,0175
B	1	0,0286	0,06	0,0187
B	2	0,0218	0,025	0,0181
B	3	0,0204	0,0265	0,016
B	M	0,0236	0,0338	0,0185
C	1	0,0219	0,0281	0,0175
C	2	0,0997	0,3645	0,0204
C	3	0,0276	0,0463	0,0184
C	M	0,0497	0,1363	0,0211
D	1	0,0204	0,0295	0,0148
D	2	0,0255	0,0335	0,0202
D	3	0,0252	0,0371	0,0187
D	M	0,0237	0,0334	0,0199
E	1	0,032	0,0403	0,0229
E	2	0,0238	0,0289	0,0165
E	3	0,0277	0,0376	0,0207
E	M	0,0278	0,0318	0,0246
F	1	0,0318	0,0524	0,0951
F	2	0,0195	0,0218	0,0173
F	3	0,0401	0,072	0,0177
F	M	0,0304	0,0383	0,0221

AMOSTRA 61				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,3291	0,7258	0,1613
A	2	0,092	0,1186	0,0727
A	3	0,164	0,2142	0,1249
A	M	0,1951	0,3231	0,146
B	1	0,1897	0,2555	0,1217
B	2	0,1389	0,2117	0,0855
B	3	0,1546	0,1938	0,1121
B	M	0,1611	0,2019	0,1134
C	1	0,1811	0,2192	0,1374
C	2	0,1649	0,2408	0,0782
C	3	0,1903	0,2731	0,1328
C	M	0,1787	0,2069	0,1399
D	1	0,1721	0,2977	0,1121
D	2	0,1568	0,2377	0,1091
D	3	0,1497	0,2185	0,1093
D	M	0,1595	0,188	0,1182
E	1	0,2207	0,2634	0,1654
E	2	0,2498	0,3343	0,1492
E	3	0,1702	0,2583	0,1169
E	M	0,2136	0,2386	0,1835
F	1	0,1372	0,1954	0,0909
F	2	0,1611	0,2256	0,0814
F	3	0,1684	0,2796	0,1107
F	M	0,1556	0,1987	0,1039

AMOSTRA 62				
posição	leitura	Ra	Ramix	Ramin
A	1	0,132	0,172	0,0989
A	2	0,1657	0,188	0,1453
A	3	0,1833	0,2278	0,1452
A	M	0,1603	0,1817	0,1369
B	1	0,2016	0,3016	0,1602
B	2	0,467	1,55	0,1407
B	3	0,1583	0,2263	0,1206
B	M	0,2756	0,6423	0,1492
C	1	0,1611	0,1893	0,1346
C	2	0,1371	0,1867	0,1235
C	3	0,1709	0,2873	0,1056

Apêndice

AMOSTRA 65					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,032	0,0611	0,021	0,33
A	2	0,0254	0,0312	0,0211	0,205
A	3	0,0239	0,0318	0,0176	0,455
A	M	0,0271	0,0358	0,0228	0,33
B	1	0,0225	0,0332	0,0131	0,44
B	2	0,0255	0,0331	0,0171	0,23
B	3	0,0206	0,0338	0,0141	0,155
B	M	0,0229	0,0282	0,0171	0,275
C	1	0,0264	0,0425	0,0172	0,26
C	2	0,0299	0,0386	0,0234	0,36
C	3	0,0231	0,0315	0,0157	0,505
C	M	0,0265	0,0306	0,0241	0,375
D	1	0,0309	0,0398	0,0192	0,33
D	2	0,029	0,0495	0,0211	0,64
D	3	0,0235	0,0288	0,0201	0,325
D	M	0,0278	0,0325	0,0253	0,4317
E	1	0,0228	0,0298	0,0179	0,26
E	2	0,0506	0,1053	0,0218	1,39
E	3	0,0417	0,0968	0,0229	2,395
E	M	0,0384	0,0537	0,0269	1,348
F	1	0,028	0,0406	0,0213	0,91
F	2	0,0249	0,0282	0,0192	0,23
F	3	0,0256	0,0348	0,0209	0,235
F	M	0,0262	0,029	0,0237	0,4583

AMOSTRA 69					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0297	0,0367	0,0241	0,285
A	2	0,0247	0,0293	0,0192	0,19
A	3	0,0296	0,0474	0,0169	0,24
A	M	0,028	0,0327	0,0241	0,2383
B	1	0,0703	0,0926	0,0568	0,57
B	2	0,0471	0,054	0,0184	0,435
B	3	0,0515	0,0914	0,0234	0,925
B	M	0,0563	0,0676	0,0503	0,6433
C	1	0,0601	0,1149	0,0242	0,63
C	2	0,0173	0,022	0,0141	0,27
C	3	0,0183	0,0237	0,0114	0,12
C	M	0,032	0,0506	0,0192	0,34
D	1	0,0426	0,0945	0,0235	1,02
D	2	0,0387	0,0852	0,021	2,08
D	3	0,0234	0,0302	0,0157	0,215
D	M	0,0349	0,0684	0,0235	1,105
E	1	0,0306	0,043	0,0213	0,39
E	2	0,0365	0,0447	0,0318	0,51
E	3	0,0683	0,2085	0,0249	2,265
E	M	0,0452	0,0907	0,0284	1,055
F	1	0,0361	0,0733	0,0163	0,4
F	2	0,0168	0,021	0,0105	0,365
F	3	0,0246	0,0281	0,0192	0,215
F	M	0,0258	0,0406	0,0183	0,3933

AMOSTRA 73					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0243	0,0535	0,0152	0,345
A	2	0,0185	0,0221	0,0128	0,125
A	3	0,0351	0,0781	0,0157	0,76
A	M	0,0239	0,0504	0,0169	0,41
B	1	0,0302	0,0434	0,0204	1,085
B	2	0,0309	0,0398	0,0213	0,725
B	3	0,0284	0,0395	0,0213	0,32
B	M	0,0298	0,0331	0,0268	0,7133
C	1	0,0367	0,0596	0,0241	0,435
C	2	0,021	0,0251	0,0186	0,345
C	3	0,0299	0,0456	0,0182	0,56
C	M	0,0292	0,0381	0,0228	0,4467
D	1	0,0424	0,1143	0,0192	0,99
D	2	0,0163	0,0207	0,0099	0,145
D	3	0,0226	0,0467	0,0115	0,335
D	M	0,0271	0,05	0,0151	0,49
E	1	0,0312	0,0461	0,0205	0,29
E	2	0,0352	0,0519	0,0208	0,39
E	3	0,0262	0,0388	0,0183	0,25
E	M	0,0309	0,0341	0,026	0,31
F	1	0,0324	0,0425	0,0234	0,245
F	2	0,0301	0,0478	0,0208	0,56
F	3	0,0347	0,0525	0,0235	0,43
F	M	0,0324	0,0456	0,0266	0,4117

AMOSTRA 66					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,2483	0,402	0,1389	2,045
A	2	0,213	0,2549	0,1737	1,28
A	3	0,2445	0,307	0,2109	1,495
A	M	0,2353	0,2709	0,1811	1,607
B	1	0,253	0,2852	0,1911	1,905
B	2	0,1976	0,2462	0,1563	1,185
B	3	0,2844	0,3338	0,1815	2,28
B	M	0,245	0,2676	0,2274	1,79
C	1	0,2592	0,4657	0,1809	1,745
C	2	0,2294	0,2639	0,1807	1,56
C	3	0,2481	0,3407	0,1622	1,56
C	M	0,2456	0,3191	0,1871	1,622
D	1	0,209	0,3017	0,1545	1,405
D	2	0,2311	0,4191	0,1472	2,205
D	3	0,2196	0,3085	0,126	1,305
D	M	0,2199	0,2654	0,1788	1,638
E	1	0,3203	0,4502	0,2439	2,665
E	2	0,1808	0,2318	0,1433	1,12
E	3	0,244	0,2783	0,1981	1,395
E	M	0,2484	0,2926	0,2056	1,727
F	1	0,6102	2,168	0,1617	11,69
F	2	0,2779	0,3034	0,2362	1,545
F	3	0,25	0,292	0,2071	1,51
F	M	0,3794	0,908	0,2299	4,913

AMOSTRA 70					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,2649	0,3558	0,2178	1,98
A	2	0,2307	0,2913	0,2011	1,84
A	3	0,2596	0,3228	0,1523	1,765
A	M	0,2518	0,2957	0,1919	1,862
B	1	0,2097	0,2701	0,1357	1,375
B	2	0,2182	0,2562	0,1931	1,85
B	3	0,2138	0,2754	0,1691	1,555
B	M	0,2139	0,2517	0,1893	1,593
C	1	0,2097	0,3135	0,1431	1,61
C	2	0,2494	0,2926	0,2019	1,64
C	3	0,3553	0,7058	0,1755	2,61
C	M	0,2714	0,3888	0,2239	1,953
D	1	0,2036	0,2833	0,15	2,21
D	2	0,2254	0,2963	0,1762	2,425
D	3	0,2903	0,4049	0,219	2,86
D	M	0,2198	0,3282	0,1966	2,498
E	1	0,2402	0,3131	0,1716	2,05
E	2	0,2519	0,335	0,2046	1,52
E	3	0,2813	0,3915	0,2127	2,82
E	M	0,2578	0,3062	0,2064	2,15
F	1	0,2493	0,3003	0,2079	2,1
F	2	0,1566	0,1872	0,1001	1,083
F	3	0,2019	0,2528	0,1589	1,595
F	M	0,2026	0,2153	0,1865	1,593

AMOSTRA 74					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0196	0,0229	0,0131	0,23
A	2	0,0173	0,0305	0,0126	0,163
A	3	0,0292	0,0433	0,0219	0,405
A	M	0,022	0,0251	0,0187	0,2667
B	1	0,036	0,0458	0,0237	0,215
B	2	0,034	0,0599	0,0224	0,325
B	3	0,0502	0,0345	0,0207	0,36
B	M	0,0334	0,0451	0,0231	0,3333
C	1	0,0417	0,0705	0,0228	0,705
C	2	0,0308	0,0361	0,0218	0,355
C	3	0,0274	0,0332	0,0223	0,33
C	M	0,0333	0,0418	0,0275	0,4633
D	1	0,0281	0,0474	0,0147	0,285
D	2	0,0189	0,0223	0,0163	0,3
D	3	0,0171	0,0204	0,0149	0,18
D	M	0,0213	0,029	0,0165	0,255
E	1	0,0289	0,0417	0,018	0,485
E	2	0,0611	0,1523	0,0267	1,51
E	3	0,0472	0,0978	0,031	0,45
E	M	0,0437	0,0711	0,0297	0,815
F	1	0,0343	0,0536	0,0221	0,615
F	2	0,0376	0,0451	0,0289	0,58
F	3	0,025	0,0309	0,0179	0,21
F	M	0,0323	0,0397	0,027	0,4683

AMOSTRA 67					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,0296	0,046	0,0192	0,35
A	2	0,0276	0,0348	0,0195	0,325
A	3	0,0235	0,0275	0,02	0,225
A	M	0,0269	0,0336	0,0202	0,3
B	1	0,0267	0,0321	0,02	0,33
B	2	0,0237	0,0306	0,0184	0,325
B	3	0,0371	0,0705	0,0193	1,595
B	M	0,0292	0,0403	0,0223	0,75
C	1	0,0233	0,036	0,0159	0,315
C	2	0,0201	0,0273	0,0138	0,22
C	3	0,0172	0,0224	0,012	0,195
C	M	0,0202	0,0269	0,0155	0,2433
D	1	0,0293	0,0378	0,0224	0,605
D	2	0,0304	0,0365	0,0276	0,23
D	3	0,0213	0,0269	0,0158	0,375
D	M	0,027	0,0297	0,0231	0,4033
E	1	0,0188	0,0232	0,0131	0,21
E	2	0,023	0,0285	0,018	0,28
E	3	0,0218	0,0287	0,0167	0,365
E	M	0,0212	0,0234	0,0192	0,285
F	1	0,0225	0,0307	0,015	0,24
F	2	0,0262	0,0323	0,0172	0,34
F	3	0,0222	0,0265	0,0177	0,165
F	M	0,0236	0,0298	0,0191	0,2483

AMOSTRA 71					
versão	leitura	Ra	Ramix	Ramin	Rmax
A	1	0,1819	0,2193	0,1565	1,66
A	2	0,2331	0,3327	0,1498	2,29
A	3	0,2202	0,2432	0,1932	1,43
A	M	0,2117	0,245	0,1876	1,793
B	1	0,327	0,3761	0,241	2,495
B	2	0,3007	0,4024	0,156	1,9
B	3	0,3562	0,4862	0,2145	1,89
B	M	0,328	0,3918	0,2936	2,095
C	1	0,1875	0,3617	0,1184	3,59
C	2	0,2666	0,5352	0,1189	4,995
C	3	0,1778	0,165	0,1104	0,945
C	M	0,1973	0,2557	0,1314	3,177
D	1	0,1829	0,2082	0,1533	1,5
D	2	0,1702	0,1827	0,1448	1,195
D	3	0,216	0,4813	0,114	4,44
D	M	0,1897	0,2598	0,1542	2,378
E	1	0,1539	0,1933	0,1246	1,32
E	2	0,3073	0,514	0,1785	4,28
E	3	0,2268	0,3214	0,1546	1,65
E	M	0,23	0,2868	0,1526	2,417
F	1	0,2227	0,2622	0,1739	3,195
F	2	0,2224	0,3841	0,1199	2,32
F	3	0,1468	0,1689	0,119	1,125
F	M	0,1973	0,2664	0,1711	2,213

Apêndice

AMOSTRA 77						AMOSTRA 78						AMOSTRA 79						AMOSTRA 80					
revisão	leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmax	revisão	leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmax	revisão	leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmax	revisão	leitura	Ra	Ramx	Ramin	Rmax
A	1	0,1114	0,1838	0,066	0,74	A	1	0,0234	0,0317	0,0157	0,245	A	1	0,3799	0,4326	0,2994	2,06	A	1	0,0209	0,0356	0,0168	0,25
A	2	0,0729	0,1	0,0319	0,44	A	2	0,0287	0,0374	0,0238	0,26	A	2	0,4917	0,7598	0,2618	4,065	A	2	0,0268	0,0377	0,0164	0,79
A	3	0,1136	0,1838	0,0663	0,77	A	3	0,0742	0,2813	0,0182	2,888	A	3	0,5729	1,068	0,3738	5,87	A	3	0,0299	0,0417	0,022	0,625
A	M	0,0993	0,1167	0,0675	0,65	A	M	0,0421	0,1133	0,0206	1,128	A	M	0,4816	0,5875	0,4224	3,998	A	M	0,0259	0,0324	0,0217	0,555
B	1	0,1057	0,1228	0,0779	0,565	B	1	0,0472	0,0902	0,0186	1,635	B	1	0,4541	0,5634	0,2815	3,435	B	1	0,0371	0,0477	0,0306	0,595
B	2	0,0586	0,0704	0,0515	0,325	B	2	0,0284	0,0353	0,0252	0,365	B	2	0,2925	0,3652	0,2344	1,6	B	2	0,0394	0,0485	0,0292	0,48
B	3	0,0924	0,1345	0,0389	0,46	B	3	0,0248	0,0366	0,0159	0,31	B	3	0,3281	0,5081	0,199	2,5	B	3	0,0422	0,0546	0,0331	0,5
B	M	0,0855	0,0958	0,0673	0,45	B	M	0,0335	0,0493	0,0205	0,77	B	M	0,3582	0,4225	0,2946	2,512	B	M	0,0395	0,0433	0,0336	0,525
C	1	0,1109	0,1704	0,0536	0,685	C	1	0,0366	0,0499	0,0251	0,675	C	1	0,4301	0,7925	0,2402	4,085	C	1	0,0457	0,0574	0,0365	0,715
C	2	0,1795	0,3869	0,0825	1,53	C	2	0,0277	0,0294	0,0266	0,395	C	2	0,3317	0,4319	0,2457	2,01	C	2	0,0397	0,0541	0,0251	0,435
C	3	0,1134	0,1294	0,0765	0,545	C	3	0,0289	0,0546	0,0203	0,36	C	3	0,3327	0,4645	0,2467	2,16	C	3	0,0394	0,0627	0,0251	1,035
C	M	0,1346	0,193	0,1055	0,92	C	M	0,0311	0,0428	0,0254	0,4767	C	M	0,3648	0,4434	0,3144	2,752	C	M	0,0416	0,0488	0,0314	0,7283
D	1	0,1207	0,1429	0,1051	0,56	D	1	0,0391	0,0521	0,0237	0,51	D	1	0,3391	0,393	0,2816	2,075	D	1	0,023	0,0295	0,019	0,205
D	2	0,1407	0,2133	0,0741	0,8	D	2	0,0244	0,0335	0,0191	0,815	D	2	0,4043	0,6104	0,2564	2,62	D	2	0,0198	0,0237	0,0169	0,15
D	3	0,0927	0,1298	0,0654	0,61	D	3	0,0273	0,0453	0,0123	0,3	D	3	0,373	0,5222	0,2293	3,15	D	3	0,0232	0,0254	0,0212	0,21
D	M	0,118	0,1391	0,0942	0,6567	D	M	0,0303	0,0386	0,0241	0,5417	D	M	0,3721	0,4263	0,3139	2,615	D	M	0,022	0,0236	0,0204	0,1881
E	1	0,1372	0,1847	0,113	0,895	E	1	0,0305	0,0386	0,0248	0,445	E	1	0,2919	0,342	0,237	1,995	E	1	0,042	0,0854	0,0277	1,45
E	2	0,1556	0,2511	0,1023	1,165	E	2	0,0356	0,0606	0,0253	0,43	E	2	0,5038	0,7148	0,3357	2,935	E	2	0,032	0,0448	0,0233	0,435
E	3	0,1177	0,1562	0,0626	0,64	E	3	0,0317	0,0676	0,0181	0,51	E	3	0,4612	0,7241	0,32	3,93	E	3	0,0266	0,0305	0,025	0,27
E	M	0,1369	0,1799	0,109	0,9	E	M	0,0326	0,0438	0,0247	0,4617	E	M	0,419	0,5191	0,3393	2,953	E	M	0,0336	0,0454	0,0269	0,7183
F	1	0,1402	0,1935	0,0555	0,705	F	1	0,0393	0,0568	0,0294	1,58	F	1	0,4013	0,5344	0,2679	2,355	F	1	0,0335	0,0417	0,0255	0,475
F	2	0,1127	0,1203	0,1004	0,5	F	2	0,03	0,0505	0,0184	0,665	F	2	0,4009	0,5105	0,3187	2,91	F	2	0,0406	0,0986	0,022	1,33
F	3	0,1343	0,1801	0,0635	0,685	F	3	0,0802	0,3122	0,0175	4,195	F	3	0,7744	1,889	0,365	5,04	F	3	0,0295	0,0377	0,0221	0,3
F	M	0,1291	0,1479	0,1109	0,65	F	M	0,0498	0,1235	0,0255	2,147	F	M	0,5255	0,9191	0,4469	4,768	F	M	0,0345	0,0575	0,0266	0,7017

MENSURAÇÕES DAS DESSECAÇÕES

TABELA 88 – Valores obtidos após a 1ª dessecação.

amostra	1h	24h	48h
1	0,81843	0,81483	0,81486
2	0,74934	0,74605	0,74613
3	0,92968	0,9257	0,92575
4	0,70051	0,69757	0,6974
5	0,82809	0,82439	0,82445
6	1,00038	0,99667	0,99678
7	0,81419	0,81177	0,81188
8	0,94504	0,93838	0,93851
9	0,88458	0,88014	0,88029
10	0,90707	0,90275	0,90278
11	0,84123	0,83775	0,83793
12	0,92212	0,91795	0,91804
13	1,03456	1,0317	1,03171
14	1,01903	1,01433	1,01433
15	0,82847	0,82377	0,82376
16	0,83993	0,83722	0,83729
17	0,68924	0,68647	0,68654
18	0,82313	0,81795	0,8181
19	0,78586	0,78261	0,78277
20	0,97204	0,96558	0,96562
21	0,83649	0,83106	0,8311
22	0,75333	0,75033	0,7505
23	0,88854	0,88481	0,88484
24	0,86587	0,86375	0,86365
25	0,7427	0,73969	0,73962
26	1,05108	1,04591	1,0457

TABELA 89 – Valores obtidos após a 2ª dessecação.

amostra	1h	24h	48h
1	0,83236	0,81117	0,81154
2	0,76447	0,74624	0,74651
3	0,94327	0,92153	0,9218
4	0,69941	0,69395	0,69381
5	0,84469	0,82473	0,82489
6	1,01216	0,99189	0,99209
7	0,82725	0,81138	0,81154
8	0,95182	0,93909	0,93901
9	0,90183	0,88067	0,8809
10	0,92222	0,90056	0,90079
11	0,85589	0,836	0,83613
12	0,93989	0,9182	0,9184
13	1,04494	1,02623	1,02651
14	1,03452	1,01097	1,01115
15	0,82981	0,82028	0,82016
16	0,85382	0,8371	0,83739
17	0,70277	0,68693	0,68703
18	0,82848	0,81872	0,81853
19	0,79813	0,78042	0,78064
20	0,97341	0,96106	0,96097
21	0,84195	0,83207	0,83195
22	0,76589	0,74861	0,74885
23	0,90503	0,88482	0,88508
24	0,87507	0,85853	0,85885
25	0,75715	0,74004	0,74028
26	1,06654	1,04197	1,04232

Apêndice

27	0,79602	0,79435	0,79454
28	0,8705	0,86743	0,86743
29	0,94097	0,93647	0,93672
30	1,08475	1,07746	1,07732
31	0,89378	0,89165	0,89194
32	0,94703	0,94249	0,94258
33	0,97813	0,97437	0,97452
34	0,74489	0,74227	0,74231
35	1,00122	0,9943	0,99422
36	0,73286	0,73053	0,73063
37	0,91604	0,91032	0,91025
38	0,81143	0,80965	0,80986
39	0,81249	0,8072	0,80737
40	0,92332	0,92008	0,91972
41	0,68669	0,68324	0,68321
42	0,74069	0,73902	0,73917
43	0,96082	0,95427	0,95439
44	0,70602	0,70376	0,7037
45	1,02733	1,02265	1,02267
46	0,89299	0,88956	0,88956
47	0,90821	0,90466	0,90463
48	0,86198	0,85868	0,85859
49	1,1592	1,15054	1,15065
50	0,68471	0,68315	0,68313
51	0,82348	0,82028	0,82028
52	0,92403	0,92197	0,92182
53	0,71152	0,70815	0,70822
54	0,85913	0,856	0,85593
55	0,90497	0,89976	0,89972
56	0,90426	0,90117	0,90124
57	0,83376	0,8284	0,82853
58	0,76728	0,76479	0,76494
59	0,86869	0,86605	0,86594
60	0,96705	0,96447	0,9645
61	0,79661	0,79556	0,79541
62	0,73544	0,73178	0,73156
63	0,78913	0,78682	0,78678
64	0,85602	0,85058	0,85071
65	0,75628	0,7554	0,75533
66	1,07625	1,07186	1,07179
67	0,9423	0,939	0,93901
68	0,87681	0,87439	0,87431
69	0,65062	0,64981	0,64982
70	0,79006	0,78875	0,78831
71	0,8599	0,8549	0,85481
72	0,74571	0,74444	0,74447
73	0,7379	0,73699	0,7372
74	0,7425	0,73845	0,73842
75	1,04669	1,04286	1,04259
76	0,78825	0,78591	0,78612
77	0,98504	0,98358	0,98335
78	0,783	0,78244	0,78245
79	0,92987	0,92692	0,9273
80	0,85871	0,85639	0,85653

27	0,80871	0,79406	0,79443
28	0,88356	0,86416	0,86444
29	0,95953	0,9371	0,93737
30	1,08702	1,07237	1,07218
31	0,90397	0,8867	0,88694
32	0,96535	0,94323	0,94334
33	0,99455	0,97491	0,9751
34	0,75848	0,74114	0,7413
35	1,00938	0,99505	0,99485
36	0,74796	0,731	0,73119
37	0,91793	0,90683	0,90665
38	0,82044	0,80482	0,80511
39	0,81747	0,80825	0,80814
40	0,93916	0,91754	0,91778
41	0,68733	0,68138	0,6813
42	0,75288	0,73894	0,73923
43	0,96912	0,95535	0,95523
44	0,71974	0,70414	0,70444
45	1,04402	1,02067	1,02095
46	0,91102	0,89011	0,89034
47	0,92401	0,90354	0,90379
48	0,87597	0,85518	0,85569
49	1,16507	1,14834	1,14816
50	0,69705	0,68236	0,68277
51	0,83963	0,81987	0,82028
52	0,93543	0,91687	0,91729
53	0,71563	0,70868	0,7085
54	0,87539	0,85552	0,85593
55	0,90709	0,89628	0,89606
56	0,91888	0,89756	0,89781
57	0,83896	0,82943	0,82928
58	0,78292	0,76491	0,76524
59	0,88352	0,86284	0,86321
60	0,98335	0,96399	0,96431
61	0,80206	0,78656	0,78688
62	0,73521	0,72838	0,72807
63	0,80254	0,78381	0,78409
64	0,86157	0,85145	0,85127
65	0,76832	0,75421	0,75447
66	1,09566	1,07025	1,07056
67	0,96112	0,93912	0,9394
68	0,89285	0,87186	0,87221
69	0,66467	0,64952	0,64978
70	0,80498	0,78631	0,78663
71	0,86109	0,85183	0,85164
72	0,76181	0,74471	0,74497
73	0,75235	0,73729	0,73751
74	0,74665	0,7393	0,73911
75	1,06508	1,04019	1,04042
76	0,80517	0,78658	0,78687
77	0,99693	0,97779	0,97814
78	0,79599	0,78164	0,78192
79	0,94655	0,92564	0,92591
80	0,87657	0,85663	0,85681

MENSURAÇÃO DA ÁREA SUPERFICIAL

TABELA 90 – Áreas superficiais das amostras

amostra	área (cm2)	amostra	área (cm2)	amostra	área (cm2)	amostra	área (cm2)
1	19,00381	21	19,0968	41	19,30634	61	19,1744
2	19,1279	22	19,12005	42	19,14329	62	19,04245
3	18,5354	23	18,98087	43	19,23629	63	19,02706
4	19,23629	24	19,10465	44	19,04245	64	19,4939
5	19,04245	25	19,04245	45	18,8728	65	18,73457
6	19,10465	26	18,95763	46	19,05816	66	19,03491
7	19,27524	27	19,08895	47	19,10465	67	19,1744
8	19,18979	28	18,71918	48	19,03491	68	19,07355
9	19,2055	29	19,0657	49	19,03083	69	19,0657
10	19,18979	30	19,10465	50	18,86495	70	19,08895
11	19,01166	31	18,76505	51	19,35315	71	19,01952
12	19,0503	32	19,0968	52	18,91899	72	18,8882
13	19,0968	33	18,99627	53	18,93658	73	19,16654
14	18,84202	34	19,08895	54	18,91899	74	18,92276
15	18,98464	35	19,28687	55	19,27524	75	18,84956
16	18,88034	36	19,1744	56	19,30634	76	19,24414
17	19,05816	37	19,27147	57	19,27147	77	18,8728
18	21,64746	38	18,95763	58	18,97302	78	19,0657
19	19,01952	39	19,09303	59	18,92684	79	19,38457
20	18,89982	40	19,25985	60	18,94977	80	18,86495

MENSURAÇÕES DE ABSORÇÃO DE ÁGUA

QUADRO 4 – Valores (g) obtidos nas mensurações das amostras para absorção de água nos períodos de 1h, 1 dia, 1, 2, 3 e 4 semanas

amostra	1h	1 dia	1 semana	2 semanas	3 semanas	4 semanas
1	0,82142	0,83319	0,83359	0,83287	0,83261	0,83236
2	0,75244	0,76411	0,76452	0,76437	0,76443	0,76447
3	0,93233	0,946	0,94488	0,94429	0,94358	0,94327
4	0,70225	0,71255	0,71174	0,711	0,71071	0,71017
5	0,83087	0,84442	0,84474	0,84479	0,84474	0,84469
6	1,00382	1,01541	0,01427	1,01314	1,01246	1,01216
7	0,81855	0,82754	0,82754	0,82743	0,82726	0,82725
8	0,9432	0,96265	0,96311	0,96299	0,96277	0,9626
9	0,88681	0,90149	0,90205	0,90177	0,90163	0,90183
10	0,90932	0,9235	0,92307	0,92267	0,92226	0,92222
11	0,84431	0,8565	0,85645	0,85614	0,85569	0,85589
12	0,92471	0,93937	0,93985	0,93993	0,93992	0,93989
13	1,03942	1,0499	1,04739	1,04617	1,04543	1,04494
14	0,02113	1,03637	1,03592	1,03512	1,03474	1,03452
15	0,82863	0,84348	0,84252	0,8418	0,84123	0,84069
16	0,84385	0,85386	0,85406	0,85392	0,8538	0,85382

Apêndice

17	0,69295	0,70252	0,70332	0,70274	0,70265	0,70277
18	0,82306	0,83897	0,83911	0,83915	0,83894	0,83867
19	0,78935	0,7997	0,79912	0,79845	0,79813	0,79813
20	0,97123	0,98838	0,98715	0,98629	0,98536	0,98453
21	0,83609	0,85204	0,8523	0,8524	0,85201	0,85187
22	0,75696	0,76681	0,76654	0,76613	0,76578	0,76589
23	0,89123	0,90481	0,90507	0,90538	0,9049	0,90503
24	0,87094	0,87863	0,87723	0,87622	0,87556	0,87507
25	0,74611	0,75671	0,75706	0,75705	0,75693	0,75715
26	1,05235	1,0681	1,06765	1,06703	1,0663	1,06654
27	0,80162	0,80897	0,80907	0,80894	0,80877	0,80871
28	0,8744	0,88562	0,88489	0,88423	0,88359	0,88356
29	0,94354	0,95891	0,95968	0,95946	0,95928	0,95953
30	1,0829	1,10222	1,10149	1,10032	1,0996	1,09874
31	0,89924	0,90797	0,90628	0,90492	0,90436	0,90397
32	0,94923	0,96465	0,96522	0,96518	0,96498	0,96535
33	0,98112	0,99401	0,99448	0,99434	0,99432	0,99455
34	0,74885	0,7589	0,75869	0,75827	0,75811	0,75848
35	0,9993	1,02006	1,02089	1,02082	1,02052	1,02012
36	0,73736	0,74753	0,74772	0,74773	0,74771	0,74796
37	0,9158	0,93195	0,9312	0,93054	0,9298	0,92929
38	0,81701	0,82409	0,82285	0,8215	0,82076	0,82044
39	0,81283	0,82795	0,82812	0,82833	0,82794	0,82766
40	0,92697	0,94066	0,94062	0,93953	0,93925	0,93916
41	0,68884	0,69916	0,6986	0,69839	0,69787	0,69749
42	0,74591	0,75311	0,7532	0,75279	0,75292	0,75288
43	0,95995	0,97954	0,98056	0,98036	0,98026	0,98002
44	0,71	0,71926	0,71978	0,71975	0,71968	0,71974
45	1,0296	1,04489	1,04491	1,04433	1,04408	1,04402
46	0,89653	0,91046	0,91089	0,9109	0,91099	0,91102
47	0,91133	0,92466	0,92445	0,92434	0,92394	0,92401
48	0,86562	0,8772	0,87707	0,8767	0,87615	0,87597
49	1,15622	1,17774	1,1776	1,177	1,17653	1,17588
50	0,6897	0,69667	0,6971	0,69671	0,69696	0,69705
51	0,82689	0,83908	0,83958	0,83929	0,83931	0,83963
52	0,92938	0,9381	0,93725	0,93601	0,93555	0,93543
53	0,71367	0,72601	0,72619	0,72619	0,72593	0,72566
54	0,86276	0,87488	0,87545	0,87532	0,87523	0,87539
55	0,90549	0,92122	0,92042	0,91968	0,91909	0,91845
56	0,90883	0,92047	0,91996	0,9193	0,91887	0,91888
57	0,83413	0,84909	0,84951	0,84944	0,84913	0,84896
58	0,77194	0,78235	0,78292	0,78304	0,78281	0,78292
59	0,87337	0,88475	0,88439	0,88403	0,8834	0,88352
60	0,97182	0,98313	0,98376	0,98362	0,98329	0,98335
61	0,80359	0,8088	0,8076	0,80635	0,80269	0,80206
62	0,73774	0,74894	0,74817	0,74738	0,74664	0,74619
63	0,79405	0,80406	0,80392	0,80299	0,80281	0,80254
64	0,85627	0,87223	0,87231	0,8723	0,87195	0,8719
65	0,76288	0,7687	0,76875	0,76865	0,76844	0,76832
66	1,07908	1,09564	1,096	1,09587	1,09562	1,09566
67	0,94639	0,96065	0,96104	0,96118	0,96107	0,96112
68	0,88151	0,8938	0,89343	0,89304	0,89266	0,89285
69	0,65682	0,66482	0,66483	0,66471	0,66462	0,66467
70	0,79601	0,80634	0,80589	0,8054	0,80506	0,80498

Apêndice

71	0,86035	0,87426	0,87361	0,87294	0,87238	0,87175
72	0,75224	0,76173	0,76194	0,76188	0,76164	0,76181
73	0,74495	0,75236	0,75236	0,75228	0,75228	0,75235
74	0,7441	0,75688	0,75727	0,75714	0,75665	0,75671
75	1,0506	1,06628	1,06601	1,06537	1,06492	1,06508
76	0,79416	0,80504	0,80508	0,80508	0,80501	0,80517
77	0,99144	1,00081	0,99913	0,99792	0,99726	0,99693
78	0,79048	0,79635	0,79616	0,79601	0,79591	0,79599
79	0,93483	0,94769	0,94685	0,9469	0,94655	0,94655
80	0,86387	0,87637	0,87647	0,87667	0,87653	0,87657

VALORES PERCENTUAIS DE ABSORÇÃO DE ÁGUA E SOLUBILIDADE

TABELA 91 – Cálculo da absorção de água percentual

amostra	W1	W2	W3	%
1	0,81486	0,83236	0,81154	2,55504
2	0,74613	0,76447	0,74651	2,407087
3	0,92575	0,94327	0,9218	2,319201
4	0,6974	0,71017	0,69381	2,345856
5	0,82445	0,84469	0,82489	2,401601
6	0,99678	1,01216	0,99209	2,013483
7	0,81188	0,82725	0,81154	1,935015
8	0,93851	0,9626	0,93901	2,513559
9	0,88029	0,90183	0,8809	2,377626
10	0,90278	0,92222	0,90079	2,373779
11	0,83793	0,85589	0,83613	2,358192
12	0,91804	0,93989	0,9184	2,340857
13	1,03171	1,04494	1,02651	1,786355
14	1,01433	1,03452	1,01115	2,303984
15	0,82376	0,84069	0,82016	2,492231
16	0,83729	0,85382	0,83739	1,962283
17	0,68654	0,70277	0,68703	2,292656
18	0,8181	0,83867	0,81853	2,461802
19	0,78277	0,79813	0,78064	2,234373
20	0,96562	0,98453	0,96097	2,439883
21	0,8311	0,85187	0,83195	2,396823
22	0,7505	0,76589	0,74885	2,270486
23	0,88484	0,90503	0,88508	2,254645
24	0,86365	0,87507	0,85885	1,878076
25	0,73962	0,75715	0,74028	2,280901
26	1,0457	1,06654	1,04232	2,316152
27	0,79454	0,80871	0,79443	1,797266
28	0,86743	0,88356	0,86444	2,204212
29	0,93672	0,95953	0,93737	2,365702
30	1,07732	1,09874	1,07218	2,465377
31	0,89194	0,90397	0,88694	1,909321

TABELA 92 – Cálculo da solubilidade percentual

amostra	W1	W3	%
1	0,81486	0,81154	0,407432
2	0,74613	0,74651	-0,05093
3	0,92575	0,9218	0,426681
4	0,6974	0,69381	0,514769
5	0,82445	0,82489	-0,05337
6	0,99678	0,99209	0,470515
7	0,81188	0,81154	0,041878
8	0,93851	0,93901	-0,05328
9	0,88029	0,8809	-0,0693
10	0,90278	0,90079	0,22043
11	0,83793	0,83613	0,214815
12	0,91804	0,9184	-0,03921
13	1,03171	1,02651	0,504018
14	1,01433	1,01115	0,313507
15	0,82376	0,82016	0,43702
16	0,83729	0,83739	-0,01194
17	0,68654	0,68703	-0,07137
18	0,8181	0,81853	-0,05256
19	0,78277	0,78064	0,272111
20	0,96562	0,96097	0,481556
21	0,8311	0,83195	-0,10227
22	0,7505	0,74885	0,219853
23	0,88484	0,88508	-0,02712
24	0,86365	0,85885	0,555781
25	0,73962	0,74028	-0,08924
26	1,0457	1,04232	0,323228
27	0,79454	0,79443	0,013844
28	0,86743	0,86444	0,344696
29	0,93672	0,93737	-0,06939
30	1,07732	1,07218	0,47711
31	0,89194	0,88694	0,560576

Apêndice

32	0,94258	0,96535	0,94334	2,33508
33	0,97452	0,99455	0,9751	1,995854
34	0,74231	0,75848	0,7413	2,314397
35	0,99422	1,02012	0,99485	2,541691
36	0,73063	0,74796	0,73119	2,295279
37	0,91025	0,92929	0,90665	2,487229
38	0,80986	0,82044	0,80511	1,89292
39	0,80737	0,82766	0,80814	2,417727
40	0,91972	0,93916	0,91778	2,324621
41	0,68321	0,69749	0,6813	2,369696
42	0,73917	0,75288	0,73923	1,846666
43	0,95439	0,98002	0,95523	2,597471
44	0,7037	0,71974	0,70444	2,174222
45	1,02267	1,04402	1,02095	2,25586
46	0,88956	0,91102	0,89034	2,324745
47	0,90463	0,92401	0,90379	2,235168
48	0,85859	0,87597	0,85569	2,362012
49	1,15065	1,17588	1,14816	2,409073
50	0,68313	0,69705	0,68277	2,090378
51	0,82028	0,83963	0,82028	2,358951
52	0,92182	0,93543	0,91729	1,967846
53	0,70822	0,72566	0,7085	2,422976
54	0,85593	0,87539	0,85593	2,27355
55	0,89972	0,91845	0,89606	2,488552
56	0,90124	0,91888	0,89781	2,33789
57	0,82853	0,84896	0,82928	2,375291
58	0,76494	0,78292	0,76524	2,311292
59	0,86594	0,88352	0,86321	2,345428
60	0,9645	0,98335	0,96431	1,97408
61	0,79541	0,80206	0,78688	1,90845
62	0,73156	0,74619	0,72807	2,476899
63	0,78678	0,80254	0,78409	2,345001
64	0,85071	0,8719	0,85127	2,425033
65	0,75533	0,76832	0,75447	1,833636
66	1,07179	1,09566	1,07056	2,341877
67	0,93901	0,96112	0,9394	2,313074
68	0,87431	0,89285	0,87221	2,360719
69	0,64982	0,66467	0,64978	2,291404
70	0,78831	0,80498	0,78663	2,327764
71	0,85481	0,87175	0,85164	2,35257
72	0,74447	0,76181	0,74497	2,262012
73	0,7372	0,75235	0,73751	2,013022
74	0,73842	0,75671	0,73911	2,383467
75	1,04259	1,06508	1,04042	2,365263
76	0,78612	0,80517	0,78687	2,327889
77	0,98335	0,99693	0,97814	1,910815
78	0,78245	0,79599	0,78192	1,798198
79	0,9273	0,94655	0,92591	2,225817
80	0,85653	0,87657	0,85681	2,306983

32	0,94258	0,94334	-0,08063
33	0,97452	0,9751	-0,05952
34	0,74231	0,7413	0,136062
35	0,99422	0,99485	-0,06337
36	0,73063	0,73119	-0,07665
37	0,91025	0,90665	0,395496
38	0,80986	0,80511	0,586521
39	0,80737	0,80814	-0,09537
40	0,91972	0,91778	0,210934
41	0,68321	0,6813	0,279563
42	0,73917	0,73923	-0,00812
43	0,95439	0,95523	-0,08801
44	0,7037	0,70444	-0,10516
45	1,02267	1,02095	0,168187
46	0,88956	0,89034	-0,08768
47	0,90463	0,90379	0,092856
48	0,85859	0,85569	0,337763
49	1,15065	1,14816	0,216399
50	0,68313	0,68277	0,052699
51	0,82028	0,82028	0
52	0,92182	0,91729	0,491419
53	0,70822	0,7085	-0,03954
54	0,85593	0,85593	0
55	0,89972	0,89606	0,406793
56	0,90124	0,89781	0,380587
57	0,82853	0,82928	-0,09052
58	0,76494	0,76524	-0,03922
59	0,86594	0,86321	0,315264
60	0,9645	0,96431	0,019699
61	0,79541	0,78688	1,072403
62	0,73156	0,72807	0,477063
63	0,78678	0,78409	0,3419
64	0,85071	0,85127	-0,06583
65	0,75533	0,75447	0,113858
66	1,07179	1,07056	0,114761
67	0,93901	0,9394	-0,04153
68	0,87431	0,87221	0,240189
69	0,64982	0,64978	0,006156
70	0,78831	0,78663	0,213114
71	0,85481	0,85164	0,370843
72	0,74447	0,74497	-0,06716
73	0,7372	0,73751	-0,04205
74	0,73842	0,73911	-0,09344
75	1,04259	1,04042	0,208136
76	0,78612	0,78687	-0,09541
77	0,98335	0,97814	0,529822
78	0,78245	0,78192	0,067736
79	0,9273	0,92591	0,149898
80	0,85653	0,85681	-0,03269

METODOLOGIA ESTATÍSTICA INICIAL

O modelo matemático da análise da variância inicial, para os ensaios de solubilidade e rugosidade, foi o do delineamento inteiramente ao acaso, no esquema fatorial, cuja expressão é a seguinte (PIMENTEL GOMES, 1987; STELL & TORRIE, 1970)¹:

$$y_{ijk} = m + R_i + P_j + (RP)_{ij} + e_{ijk}$$

onde:

- y_{ijk} = valor observado referente à k-ésima repetição (amostra), da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento;
- m = fator fixo, estimado pela média geral;
- R_i = efeito da i-ésima Resina;
- P_j = efeito do j-ésimo Polimento;
- $(RP)_{ij}$ = efeito da interação da i-ésima Resina com o j-ésimo Polimento;
- e_{ijk} = erro aleatório (variação do acaso sobre as observações da k-ésima repetição, da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

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

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Resinas	3	SQ Resinas	QM Resinas	QM Resinas/QM Resíduo
Polimentos	1	SQ Polim.	QM Polim.	QM Polim./QM Resíduo
Resinas×Polim.	3	SQ Resinas×Polim.	QM Resinas×Polim.	QM Resinas×Polim./QM Resíduo
Resíduo	72	SQ Resíduo	QM Resíduo	
Total	79	SQ Total		

O modelo matemático da análise da variância inicial, para a variável absorção de água foi o do delineamento inteiramente ao acaso, em parcela subdividida no tempo (*split plot*), com esquema fatorial na parcela, cuja expressão é a seguinte:

$$y_{ijkl} = m + R_i + P_j + (RP)_{ij} + e_{ijk} + T_l + (RT)_{il} + (PT)_{jl} + (RPT)_{ijl} + \varepsilon_{ijkl}$$

onde:

- y_{ijkl} = valor observado referente à k-ésima repetição (amostra), da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento, no l-ésimo Tempo;
- m = fator fixo, estimado pela média geral;
- R_i = efeito da i-ésima Resina;
- P_j = efeito do j-ésimo Polimento;

¹PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. Livraria Nobel, 1987, 466 p.

STELL, R.G.D. & TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of Statistics – With Special Reference to the Biological Sciences**. McGraw-Hill, New York, 1960, 481p.

Apêndice

- $(RP)_{ij}$ = efeito da interação da i-ésima Resina com o j-ésimo Polimento;
- e_{ijk} = erro aleatório correspondentes às parcelas (variação do acaso sobre as observações da k-ésima repetição, da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos;
- T_l = efeito do l-ésimo Tempo;
- $(RT)_{il}$ = efeito da interação da i-ésima Resina com o l-ésimo Tempo;
- $(PT)_{jl}$ = efeito da interação do j-ésimo Polimento com o l-ésimo Tempo;
- $(RPT)_{ijl}$ = efeito da interação da i-ésima Resina, com o j-ésimo Polimento e com o l-ésimo Tempo;
- ε_{ijk} = erro aleatório correspondentes às subparcelas (variação do acaso sobre as observações da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento, no l-ésimo Tempo, da k-ésima repetição), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

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

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Resinas	3	SQ Resinas	QM Resinas	QM Resinas/QM Resíduo (A)
Polimentos	1	SQ Pol.	QM Pol.	QM Pol./QM Resíduo (A)
Resinas×Polim.	3	SQ Resinas×Pol.	QM Resinas×Pol.	QM Resinas×Pol./QM Resíduo (A)
Resíduo (A)	72	SQ Resíduo (A)	QM Resíduo (A)	
Parcelas	(79)	SQ Parcelas		
Tempos	5	SQ Tempos	QM Tempos	QM Tempos/QM Resíduo (B)
Resinas×Tempos	15	SQ Res. ×Tempos	QM Res. ×Tempos	QM Res.×Tempos/QM Resíduo (B)
Polimentos×Tempos	5	SQ Pol. ×Tempos	QM Pol. ×Tempos	QM Pol.×Tempos/QM Resíduo (B)
Res.×Pol.×Tempos	15	SQ Res.×Pol.×Tem.	QM Res.×Pol.×Tem.	QM Res.×Pol.×Tem./QM Res. (B)
Resíduo (B)	360	SQ Resíduo (B)	QM Resíduo (B)	
Total	479	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 das Resinas (QM Resinas/QM Resíduo, ou QM Resinas/QM Resíduo (A));
- H_0 : não existe diferença entre as médias dos Polimentos (QM Polim./QM Resíduo, ou QM Polim./QM Resíduo (A));
- H_0 : não existe diferença entre as médias da interação de Resinas com Polimentos (QM Resinas×Polim./QM Resíduo, ou QM Resinas×Polim./QM Resíduo (A));
- H_0 : não existe diferença entre as médias dos Tempos (QM Tempos/QM Resíduo (B));
- H_0 : não existe diferença entre as médias da interação de Resinas com Tempos (QM Res.×Tempos/QM Resíduo (B));
- H_0 : não existe diferença entre as médias da interação de Polimentos com Tempos (QM Pol.×Tempos/QM Resíduo (B));
- H_0 : não existe diferença entre as médias da interação tripla (QM Res.×Pol.×Tempos/QM Resíduo (B));

Apêndice

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 (resinas, polimentos, tempos, ou a interação destes), e procede-se então ao detalhamento da análise.

Dado que os fatores resina e polimento são qualitativos, sempre que o teste F detectou diferença significativa entre suas médias ou entre as médias da interação (por exemplo, resina dentro de polimento, ou resina dentro de tempo), foi feito o detalhamento da análise através do teste de Tukey, considerando, também, um nível mínimo de significância de 5% ($\alpha \leq 0,05$).

O teste de Tukey testa a hipótese, por exemplo:

$$H_0: m_{R1} - m_{R2} = 0 ;$$

sendo m_{R1} , m_{R2} , respectivamente, as médias obtidas pelas resinas 1 e 2; e assim por diante, para as médias do outro fator e da interação entre eles, isto é, verifica se as médias, em pares, são estatisticamente iguais ou diferentes, utilizando, para rejeitar a hipótese de igualdade uma **diferença mínima significativa**, dada por:

$$\Delta = d.m.s. = q \sqrt{\frac{QMResiduo}{r}}$$

Onde:

Δ = d.m.s. = diferença mínima significativa;

q = é obtido em tabela do teste de Tukey, com um nível de probabilidade (erro) α pré-definido (aqui tomado $\alpha \leq 0,05$), chamado de amplitude total estudada;

QM Resíduo = quadrado médio do resíduo, obtido na análise da variância do modelo adotado;

r = número de repetições (amostras).

As médias obtidas pelas resinas são consideradas diferentes estatisticamente se, por exemplo, $m_{R1} - m_{R2} \geq d.m.s.$ calculada.

Já para o fator tempo e suas interações (por exemplo, tempos dentro de cada resina), 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, absorção de água) em função do tempo, utilizando-se análise de regressão e ajuste de curvas².

ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS DADOS

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 ou dia. Pode-se apenas estudar como se comporta a variável “no decorrer” do tempo.

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 se 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 ensaio) e compará-la com um valor tabelado:

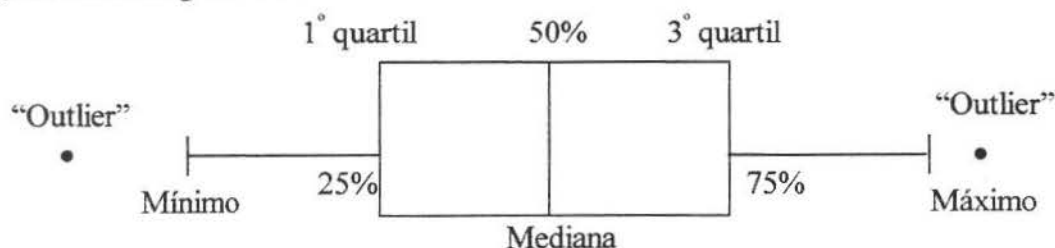
$$F_{\max} = \frac{s_{\max}^2}{s_{\min}^2} \sim F_{(k_{trat}-1, v-1, rep.)}$$

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 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 polimento).

Gráfico “box-plot”: resume as principais estatísticas do conjunto de dados com a principal finalidade de verificar sua distribuição, sistematização de posição dos tratamentos nas variáveis e prováveis “outliers”. Um gráfico de “box-plot”, na forma abaixo, mostra as seguintes estatísticas:



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

“Outliers”: valores iguais a 1° quartil $- 1,5(3^{\circ}$ quartil $- 1^{\circ}$ quartil) ou 3° quartil $+ 1,5(3^{\circ}$ quartil $- 1^{\circ}$ quartil)

RESULTADOS DA ANÁLISE EXPLORATÓRIA CONSIDERANDO OS MODELOS INICIAIS

A análise gráfica dos resíduos para os ensaios solubilidade e rugosidade, apresentada na FIG. 34, permite visualizar a presença de alguns valores desviando-se da normalidade (resíduos padronizados fora do intervalo de -3 a 3), e além disso, fica muito visível a heterogeneidade de variâncias aparentando ser do tipo irregular (que não permite transformação), dado o vazio existente entre os grupos de pontos. A pressuposição de independência parece não ter sido violada.

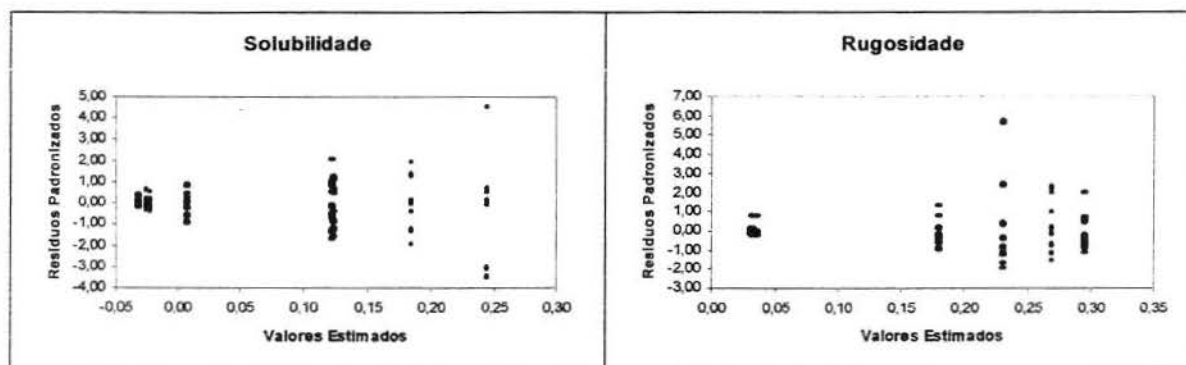


FIGURA 34 - Análise gráfica dos resíduos para solubilidade e rugosidade.

A observação dos diagramas de ramos e folhas para as variáveis solubilidade e rugosidade, constante da FIG. 35, permite a visualização de apenas um “outlier” para maior no ensaio rugosidade (na resina Clássico, e polimento químico). Contudo, parece existir uma assimetria na distribuição das observações de rugosidade e solubilidade, dando, inclusive, a sensação de que se trata de duas populações normais, uma muito homogênea quando comparada com a outra. Os diagramas de ramos e folhas dos resíduos padronizados apresentam vários “outliers”, apesar de estarem simetricamente distribuídos. Devido a isso, e aos problemas detectados na análise de resíduos, um estudo com “box plot” se faz necessário na tentativa de identificar o que está ocorrendo realmente com a amostra.

SOLUBILIDADE: unid = 0.01 1 2 representa 0.12 <pre> 32 -0* 444433333333332222221111111000 (9) 0* 000111244 39 0o 56788999 31 1* 00111344 23 1o 556677768888 11 2* 1344 7 2o 556677 </pre>	SOLUBILIDADE: Resíduos Padronizados unid = 0.1 1 2 representa 1.2 LO -34,-29,-19,-17,-15 <pre> 7 -1T 22 8 -1* 1 10 -0o 86 12 -0S 76 </pre>
--	---

Apêndice

[illegible]

FIGURA 35 - Diagrama de ramos e folhas para as observações e para os resíduos padronizados dos ensaios de solubilidade e rugosidade.

Na FIG. 36 são apresentados os “Box-Plots” para as variáveis solubilidade e rugosidade em função do tipo de resina e do polimento utilizado. Nota-se, claramente, para ambos os ensaios, que o polimento mecânico apresenta valores bem menores que os do químico, e principalmente que a variabilidade dos dois polimentos não mostram grandezas semelhantes, o que é primordial para atender a pressuposição de homogeneidade de variâncias. Os valores calculados para o teste do $F_{\max}$ (14,24 e 73,56, para solubilidade e rugosidade, respectivamente) comparando as variâncias dois polimentos foram significativos ao nível de 1% ($p < 0,01$), indicando que o polimento mecânico apresentou, realmente, menores variabilidades que o químico, para essas duas variáveis, **caracterizando-se uma heterogeneidade do tipo irregular**, fato que impossibilita a realização da análise considerando os dois polimentos ao mesmo tempo e a utilização do esquema fatorial para análise dessas variáveis, pois se trata de dois grupos distintos, com médias e variâncias completamente diferentes.

Apêndice

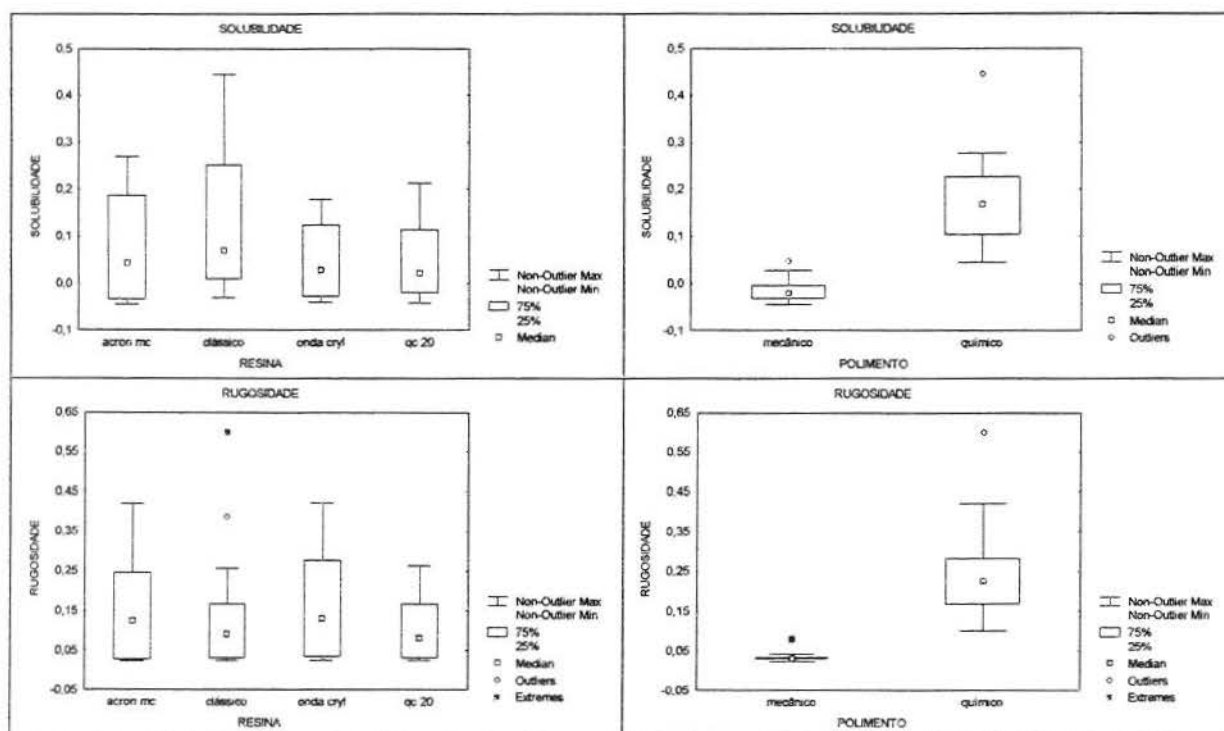


FIGURA 36 – “Box Plots” para solubilidade e rugosidade em função do tipo de resina e do polimento utilizado.

Assim, optou-se por realizar duas análises de variância para cada ensaio, comparando os tipos de resina dentro do polimento mecânico e dentro do polimento químico.

Na FIG. 37 é apresentada a análise gráfica dos resíduos para absorção de água. Esta visualização permite afirmar a existência de heterogeneidade irregular de variâncias (que não permite transformação), pois o gráfico apresenta uma determinada forma do lado esquerdo, e outra forma do lado direito. Portanto, deve-se identificar qual o fator está ocasionando este problema no intuito de restabelecer essa pressuposição e garantir que os testes tenham poder no modelo de análise proposto.

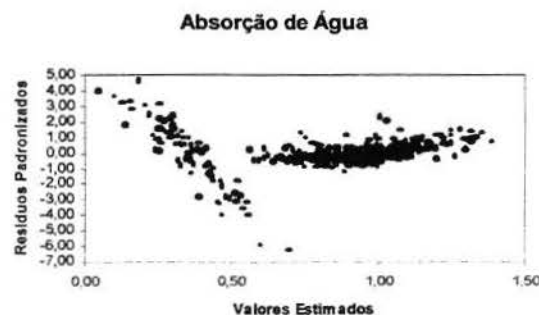


FIGURA 37 - Análise gráfica dos resíduos para a variável absorção de água.

Apêndice

Os diagramas de ramos e folhas para absorção de água são mostrados na FIG.38, onde observa-se apenas um “outlier” para menor na resina Acron MC, polimento mecânico e tempo de 1h, e a separação dos dados em 2 grupos, que não podem ser associados a um nível de uma determinada causa de variação por essa análise. Por isso torna-se necessário a utilização, novamente, do “box plot” como forma de identificar o que realmente está ocorrendo.

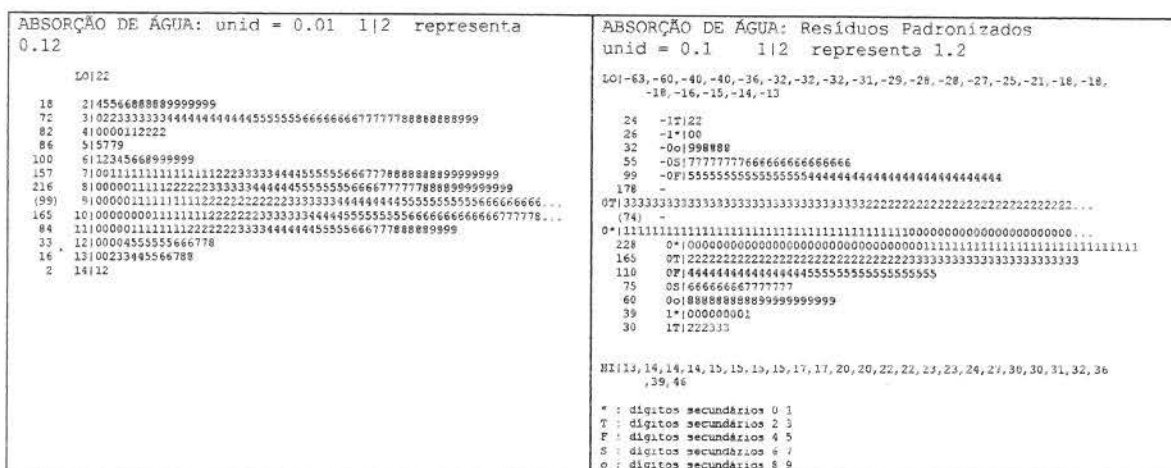
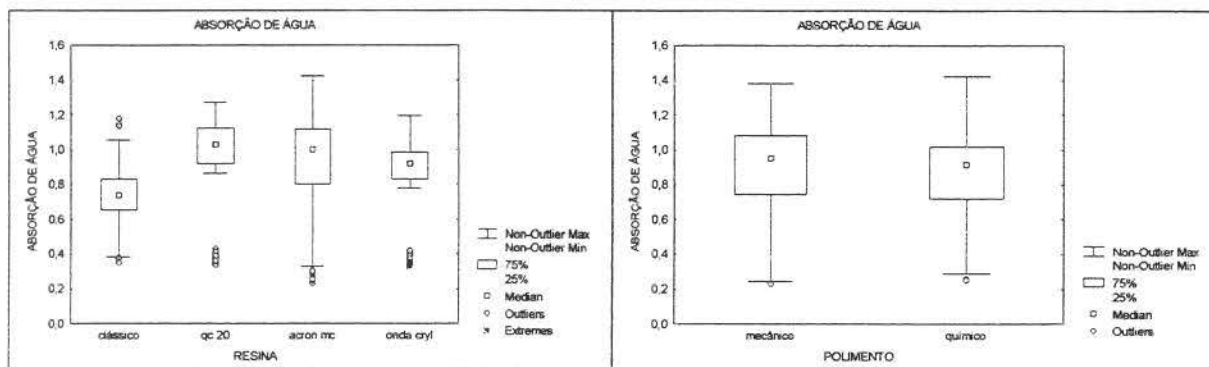


FIGURA 38 - Diagrama de ramos e folhas para as observações e para os resíduos padronizados do ensaio absorção de água.

A FIG. 39 mostra os “box-plots” para absorção de água em função do tipo de resina, do polimento e do tempo. Verifica-se, claramente, que para os quatro tipos de resina, e para as duas formas de polimento as “caixas” dos “box plots” são semelhantes, respectivamente, o que não ocorre com os tempos, cuja “caixa” de 1h é bem menor do que as demais e está totalmente fora do intervalo dos outros tempos, isto é, o tempo de 1h não é comparável com os demais, pois apresenta variabilidade muito menor (o que é mostrado pelo tamanho da caixa do “box plot”). Para comprovar essa diferença na variabilidade dos tempos fez-se o teste do $F_{\text{máx}}$, o qual forneceu um valor calculado de 16,05, que é significativo a 1% ($p < 0,01$), indicando que realmente o tempo de 1h tem variabilidade estatisticamente menor e não pode ser comparado com os demais.



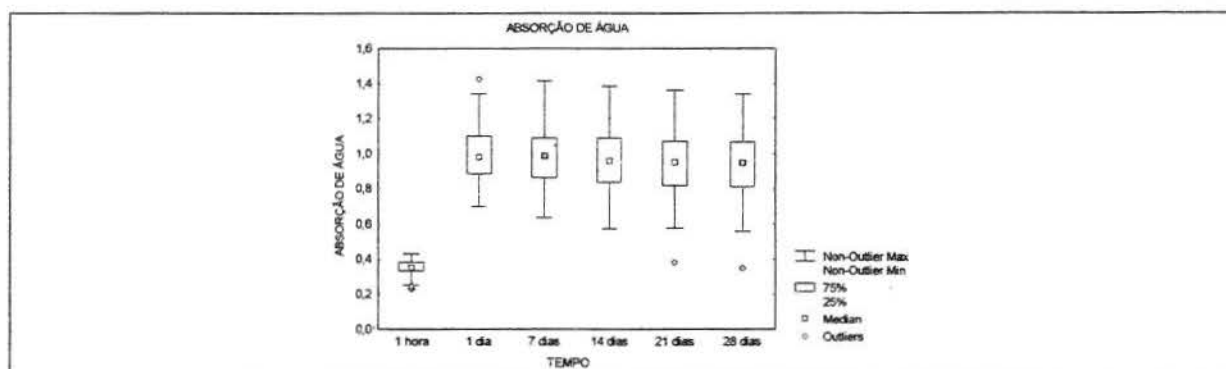


FIGURA 39 – “Box Plots” para absorção de água em função do tipo de resina, do polimento e do tempo utilizados.

Então, optou-se, por analisar o tempo de 1h separadamente dos demais, e para verificar se as pressuposições da análise de variância para essa opção são satisfeitas, refez-se a análise exploratória, considerando o modelo matemático do delineamento inteiramente ao acaso em esquema fatorial para o tempo de 1h, e para os demais tempos o modelo matemático do delineamento inteiramente ao acaso em parcela subdividida no tempo, com esquema fatorial na parcela.

METODOLOGIA UTILIZADA E ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS MODELOS INICIAIS

Dado os resultados de uma análise exploratória inicial dos dados, onde se constatou que, para solubilidade e rugosidade não se poderia analisar conjuntamente os dois tipos de polimento, o modelo matemático utilizado para análise dessas variáveis dentro de cada tipo de polimento foi o de delineamento inteiramente ao acaso:

$$y_{ij} = m + R_i + e_{ij}$$

Onde, para cada tipo de polimento:

- y_{ij} = valor observado referente à k-ésima repetição (amostra), da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento;
- m = fator fixo, estimado pela média geral;
- R_i = efeito da i-ésima Resina;
- e_{ij} = erro aleatório (variação do acaso sobre as observações da j-ésima repetição, da i-ésima Resina), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos.

O esquema de análise da variância e teste F para estes ensaios e para cada tipo de polimento foi o seguinte:

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Resinas	3	SQ Resinas	QM Resinas	QM Resinas/QM Resíduo
Resíduo	72	SQ Resíduo	QM Resíduo	
Total	79	SQ Total		

Para o ensaio absorção de água, onde a análise exploratória indicou que o tempo de 1h deveria ser analisado separadamente dos demais, foi utilizado o mesmo modelo matemático e esquema de análise de variância iniciais considerando-se todos os tempos, com exceção do tempo de 1h, cujo modelo matemático para análise foi o do delineamento inteiramente ao acaso com esquema fatorial, cuja expressão é a seguinte:

$$y_{ijk} = m + R_i + P_j + (RP)_{ij} + e_{ijk}$$

onde:

- y_{ijk} = valor observado referente à k-ésima repetição (amostra), da i-ésima Resina, no j-ésimo polimento;
- m = fator fixo, estimado pela média geral;
- R_i = efeito da i-ésima Resina;
- P_j = efeito do j-ésimo Polimento;
- $(RP)_{ij}$ = efeito da interação da i-ésima Resina com o j-ésimo Polimento;
- e_{ijk} = erro aleatório correspondentes às parcelas (variação do acaso sobre as observações da k-ésima repetição, da i-ésima Resina, no j-ésimo Polimento), supostos homocedásticos, independentes e normalmente distribuídos;

O esquema de análise da variância e teste F para absorção de água em 1h foi o seguinte:

Causas da Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Resinas	3	SQ Resinas	QM Resinas	QM Resinas/QM Resíduo
Polimentos	1	SQ Pol.	QM Pol.	QM Pol./QM Resíduo
Resinas×Polim.	3	SQ Resinas×Pol.	QM Resinas×Pol.	QM Resinas×Pol./QM Resíduo
Resíduo	72	SQ Resíduo	QM Resíduo (A)	
Total	79			

e para as demais horas conjuntamente foi utilizado o esquema proposto inicialmente.

Devido à opção de se analisar os dois polimentos separadamente, refez-se a análise exploratória para rugosidade e solubilidade considerando o modelo matemático do delineamento acima.

A análise gráfica dos resíduos para esses ensaios em função de cada polimento, apresentada na FIG. 40, 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, ou seja, as duas variáveis, para cada tipo de polimento, podem ser analisadas segundo o modelo matemático proposto.

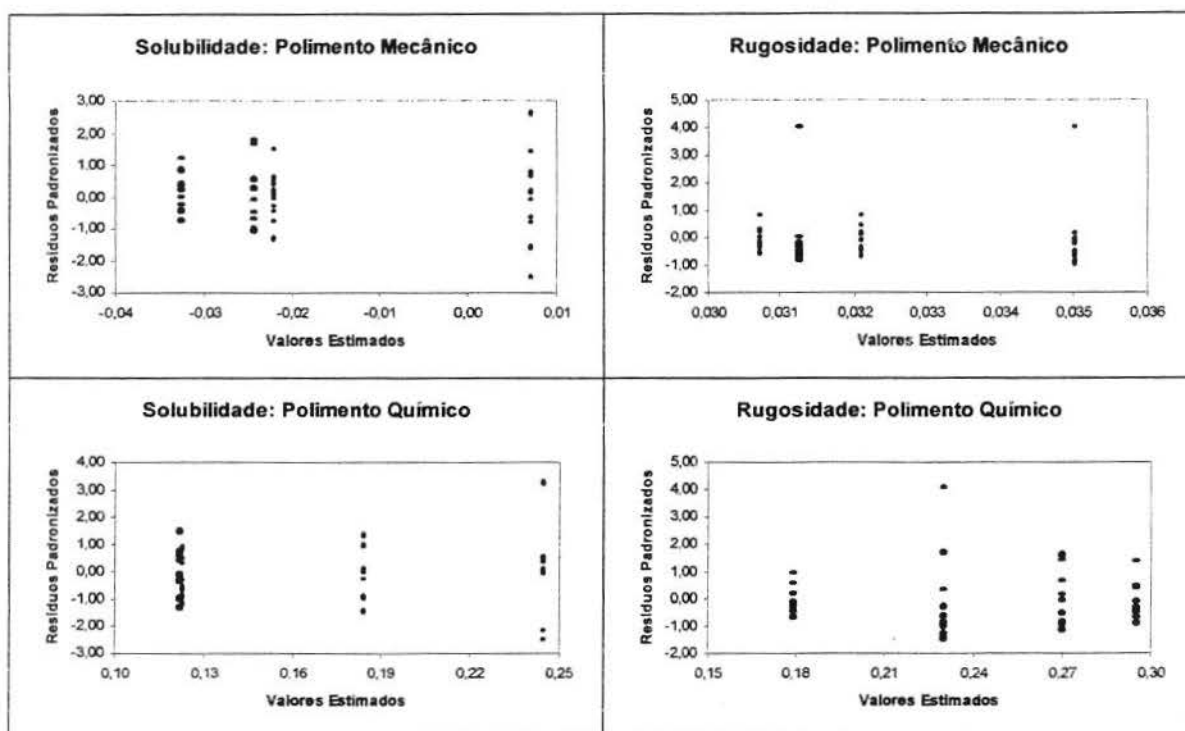


FIGURA 40 - Análise gráfica dos resíduos para as variáveis solubilidade e rugosidade dentro de polimento químico e de polimento mecânico.

A observação da FIG. 41, contendo os diagramas de ramos e folhas para as variáveis solubilidade e rugosidade dentro de cada tipo de polimento, permite visualizar uma melhora significativa na simetria das observações e dos resíduos padronizados, e a presença de pouquíssimos “outliers”. Para solubilidade, tem-se um “outlier” para maior no polimento mecânico e resina Clássico, e outro, também para maior, no polimento químico e resina Clássico. Quanto à rugosidade, nota-se a presença de dois “outliers” para maior no polimento mecânico, um na resina Clássico e outro na Acron MC, e de um “outlier” no polimento químico e resina Clássico. Parece, portanto, existir uma certa sistematização na ocorrência dos “outliers”, ligada ao tipo de resina Clássico. Contudo isso não compromete a análise.

Apêndice

SOLUBILIDADE (mecânico): unid = 1E-3 1/2 representa 0.012 4 -4*14300 9 -3o198886 14 -3*144210 19 -2o198665 (2) -2*130 19 -1o199865 14 -1*1442 11 -0o15 10 -0*130 8 0*102 6 0o15 5 1*10 4 1o179 2 2*1 2 2o17 HI145 * : dígitos secundários 0 1 2 3 4 o : dígitos secundários 5 6 7 8 9	SOLUBILIDADE (mecânico): Resíduos Padronizados unid = 0.1 1/2 representa 1.2 1 -2o15 1 -2*1 2 -1o15 4 -1*120 14 -0o19988876655 20 -0*1442200 20 0*1001122344 11 0o156788 6 1*1234 3 1o167 HI126 * : dígitos secundários 0 1 2 3 4 o : dígitos secundários 5 6 7 8 9
SOLUBILIDADE (químico): unid = 0.01 1/2 representa 0.12 2 0F145 4 0S167 9 0o188999 14 1*100111 15 1T13 19 1F14455 (5) 1S166777 16 1o188888 11 2*11 10 2T13 9 2F14455 5 2S16677 HI144 * : dígitos secundários 0 1 T : dígitos secundários 2 3 F : dígitos secundários 4 5 S : dígitos secundários 6 7 o : dígitos secundários 8 9	SOLUBILIDADE (químico): Resíduos Padronizados unid = 0.1 1/2 representa 1.2 101-25,-21 3 -1F14 4 -1T12 5 -1*11 8 -0o1988 8 -0S1 11 -0F1554 14 -0T1332 20 -0*1110000 20 0*100001 15 0T1333 12 0F1445 9 0S167 7 0o1899 4 1*10 3 1T13 2 1F15 HI132 * : dígitos secundários 0 1 T : dígitos secundários 2 3 F : dígitos secundários 4 5 S : dígitos secundários 6 7 o : dígitos secundários 8 9
RUGOSIDADE (mecânico): unid = 1E-3 1/2 representa 0.012 2 2T123 9 2F14444455 15 2S1677777 (7) 2o18889999 18 3*10011 14 3T1222333 8 3F144 6 3S167 4 3o1 4 4*101 HI177,81 * : dígitos secundários 0 1 T : dígitos secundários 2 3 F : dígitos secundários 4 5 S : dígitos secundários 6 7 o : dígitos secundários 8 9	RUGOSIDADE (mecânico): Resíduos Padronizados unid = 0.1 1/2 representa 1.2 2 -0o198 7 -0S176666 15 -0F155544444 19 -0T13322 (8) -0*111111000 13 0*10001111 6 0T12 5 0F14 4 0S17 3 0o18 HI139,40 * : dígitos secundários 0 1 T : dígitos secundários 2 3 F : dígitos secundários 4 5 S : dígitos secundários 6 7 o : dígitos secundários 8 9
RUGOSIDADE (químico): unid = 0.01 1/2 representa 0.12 1 0o19 5 1*1244 17 1o1555566679999 (6) 2*1012223 17 2o155666688 9 3*12233 5 3o189 3 4*112 HI159 * : dígitos secundários 0 1 2 3 4 o : dígitos secundários 5 6 7 8 9	RUGOSIDADE (químico): Resíduos Padronizados unid = 0.1 1/2 representa 1.2 3 -1*1421 12 -0o1988888665 (13) -0*144332221110 15 0*11133445 7 0o1693 4 1*146 2 1o170 HI140 * : dígitos secundários 0 1 2 3 4 o : dígitos secundários 5 6 7 8 9

FIGURA 41 - Diagrama de ramos e folhas para as observações e para os resíduos padronizados de solubilidade e rugosidade dentro de cada tipo de polimento.

Apêndice

Na FIG. 42 tem-se a análise gráfica de resíduos para absorção de água no tempo de 1h e nos demais tempos. Nota-se, no gráfico da esquerda (tempo de 1h), que todos os resíduos padronizados apresentam-se dentro da normalidade (intervalo de -3 a 3), e que os mesmos não apresentam uma forma ou distribuição que indique algum problema nas suposições da análise da variância. No gráfico da direita, observa-se a presença de alguns valores desviando-se da normalidade, isto é, fora do intervalo de -3 a 3, mas que apesar disso as pressuposições de homogeneidade de variância e independência parecem não ter sido violadas, indicando que análise pode ser realizada sem incorrer em erros.

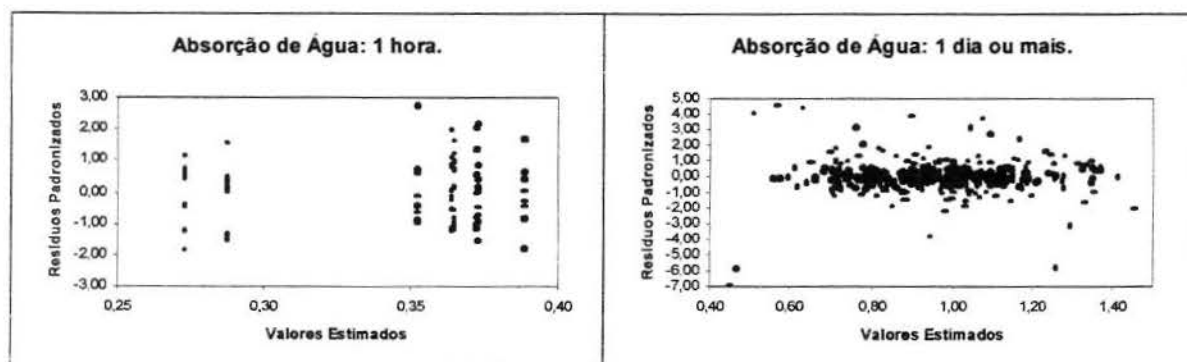


FIGURA 42- Análise gráfica dos resíduos para absorção de água no tempo de 1h e nos demais.

A observação dos diagramas de ramos e folhas constantes da FIG. 43 mostram a presença de poucos “outliers” para absorção de água, tanto para 1h, quanto para os demais tempos. No tempo de 1h têm-se dois “outliers” para menor, ambos na resina Acron MC e polimento mecânico. Para os demais tempos, têm-se, também, dois “outliers” para menor, ambos para tipo de resina Clássico e polimento mecânico, em 3 e 4 semanas, respectivamente. Os diagramas dos dados e dos resíduos padronizados apresentam-se relativamente simétricos, indicando que as observações seguem aproximadamente uma distribuição normal.

ABSORÇÃO DE ÁGUA (1 hora): unid = 0.01 1 2 representa 0.12 L0 22,24 <pre> 4 2F 55 6 2S 66 18 2o 888889999999 19 3* 0 28 3T 22333333 (18) 3F 4444444444555555 34 3S 666666667777 21 3o 88888888999 10 4* 000011 4 4T 2222 </pre> * : dígitos secundários 0 1 T : dígitos secundários 2 3 F : dígitos secundários 4 5 S : dígitos secundários 6 7 o : dígitos secundários 8 9	ABSORÇÃO DE ÁGUA (1 hora): Resíduos Padronizados unid = 0.1 1 2 representa 1.2 <pre> 4 -1o 8855 14 -1* 3211110000 30 -0o 9999888876665555 (11) -0* 44443211000 39 0* 0011111134444 25 0o 555666777889 13 1* 01123 8 1o 55569 3 2* 01 1 2o 7 </pre> * : dígitos secundários 0 1 2 3 4 o : dígitos secundários 5 6 7 8 9
ABSORÇÃO DE ÁGUA (1 dia ou mais): unid = 0.01 1 2 representa 0.12 L0 34,37 <pre> 6 5 5779 20 # 2345668999999 77 7 0011111111111122233334444555556667778888889999999 136 8 00060111122222333334444555555666777778889999999999 (99) 9 000601111111112222222223333344444444455555566666666... </pre>	ABSORÇÃO DE ÁGUA (1 dia ou mais): Resíduos Padronizados unid = 0.1 1 2 representa 1.2 L0 -69,-58,-57,-38,-31,-22,-21,-19,-18,-16,-15,-15,-14,-14,-13,-13, -12,-12 <pre> 23 -1T 2211 32 -1* 110600099 16 -0o 9877 ~~~~~~ </pre>

Apêndice

[illegible]

FIGURA 43 - Diagrama de ramos e folhas para as observações e para os resíduos padronizados do ensaio absorção de água no tempo de 1h e nos demais.