

Trabalho de Conclusão de Curso

**Gessos odontológicos:
Avaliação da resistência à compressão e da
morfologia ao microscópio eletrônico de
varredura, em relação à técnica de
espatulação**

Aline Luiza Marodin



**Universidade Federal de Santa Catarina
Curso de Graduação em Odontologia**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ODONTOLOGIA**

Aline Luiza Marodin

**GESSOS ODONTOLÓGICOS: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA
À COMPRESSÃO E DA MORFOLOGIA AO MICROSCÓPIO
ELETRÔNICO DE VARREDURA, EM RELAÇÃO À TÉCNICA
DE ESPATULAÇÃO**

Trabalho apresentado à Universidade
Federal de Santa Catarina, como
requisito para a conclusão do Curso de
Graduação em Odontologia
Orientador: Prof. Dr. Izo Milton Zani

Florianópolis
2012

Aline Luiza Marodin

**GESSOS ODONTOLÓGICOS: AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA À
COMPRESSÃO E DA MORFOLOGIA AO MICROSCÓPIO
ELETRÔNICO DE VARREDURA, EM RELAÇÃO À TÉCNICA DE
ESPATULAÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado, adequado para obtenção do título de Cirurgião-Dentista e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Odontologia da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 16 de outubro de 2012.

Banca Examinadora:

Prof., Dr. Izo Milton Zani

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof., Dr. Luiz Henrique Maykot Prates

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof., Dr. Wilson Andriani Jr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico...

Aos meus pais, **Milton** e **Noeli**, responsáveis por toda minha educação e os verdadeiros alicerces da minha vida...

Aos queridos irmãos, **Cleto** e **Tiago**, pelo exemplo de dedicação e de respeito...

Ao **Guilherme**, pelo companheirismo e apoio em tudo aquilo que me faz crescer...

Ao Prof. Dr. **Izo Milton Zani**, pelo incentivo, pelos ensinamentos e por ser um exemplo de profissional...

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por esta vida tão maravilhosa e por me deixar ao lado de pessoas tão especiais com as quais convivo.

Ao meu pai, **Milton**, exemplo de caráter e de perseverança, que sempre me incentivou a crescer, a ser justa e a respeitar as pessoas.

À minha mãe, **Noeli**, minha maior incentivadora de nunca desistir do que me faz feliz. A melhor amiga de toda a vida.

Aos irmãos, **Cleto e Tiago**, que me despertaram a vontade de ter uma profissão que me tornasse realizada e, ao mesmo tempo, capaz de ajudar as pessoas.

Ao Guilherme Medeiros e Silva por todo o amor e por toda a alegria que me proporciona.

Ao Orientador, Prof. Dr. **Izo Milton Zani**, que sempre me despertou a vontade de estudar, de crescer, de entender aquilo que parecia difícil.

Aos técnicos do Laboratório de Procedimentos, **Luiz Cláudio e Batista**, pelo apoio na realização da pesquisa e pelas palavras de incentivo.

Ao funcionário **Moacir**, que sempre esteve prestativo e disposto a ajudar.

Às minhas amigas **Aline Galiazzi, Elisa Remor, Franciele Perondi, Karoliny Velho, Laíse Andriani, Leila Hillesheim, Vanessa Becker e Vanessa da Silveira**, que simplesmente deixam minha vida repleta de sorrisos e de alegrias, obrigada por me fazerem acreditar que posso vencer os obstáculos do meu caminho.

Aos funcionários da Universidade, **Edson Basto e Deise Rebelo**, por permitirem a realização desta pesquisa nos Laboratórios de que são responsáveis.

A **Rosamaria, Gilberto e Isabela**, por serem minha família durante a faculdade. Que a vida retribua todo o bem que vocês fazem.

Ao **Dr. Levy Rau**, pelo apoio e incentivo de sempre.

Ao **Felipe Monteiro**, por ser meu amigo prestativo e solidário.

Muito obrigada.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e da persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”

José de Alencar, (1829 – 1877).

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência à compressão de gessos odontológicos, em razão de diferentes técnicas de espatulação, manual ou a vácuo, e avaliar a morfologia dos seus cristais, em microscópio eletrônico de varredura (MEV), em cada uma dessas situações. A pesquisa investigou, através de experiência em laboratório, a resistência à compressão de corpos-de-prova de cinco tipos de gesso (comum; pedra tipo III; pedra tipo IV; pedra tipo V e reforçado por resina). Para o teste de resistência, confeccionou-se 200 matrizes cilíndricas de PVC de 2 cm de diâmetro interno por 4 cm de altura, (n=20). Para a avaliação microscópica, confeccionou-se 10 moldes, com silicona pesada e leve, de uma face vestibular de um padrão de dente preparado, utilizando-se uma moldeira de silicone de 1 cm de altura por 1 cm de diâmetro interno. A manipulação foi realizada de duas maneiras: manual e a vácuo, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante para cada tipo de gesso. Para os testes, fez-se uso da máquina universal de ensaio EMIC, do Laboratório de Engenharia Mecânica da UFSC, e do MEV *JEOL JSM-6390LV*, do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC. Os dados do teste de resistência foram submetidos aos testes de Kolmogorov-Smirnov ($p=0,200$), de ANOVA *two-way e* de Tukey. Concluiu-se que há diferença estatística na resistência à compressão dos padrões de gesso entre as técnicas de espatulação, e que, ao MEV, a manipulação mecanizada deixou a mistura mais homogênea.

Palavras-chave: Gessos odontológicos. Técnicas de espatulação. Resistência à compressão. MEV.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the compressive strength of dental gypsum, due to different mixing techniques, manual or vacuum, and evaluate the morphology of its crystals in a scanning electron microscope (SEM), in each of these situations. The research investigated through laboratory experience, the compressive strength of body-of-proof five types of gypsum (common; stone type III, type IV stone, stone V and resin reinforced type). For the test of resistance, were made 200 PVC cylindrical arrays of 2 cm inside diameter and 4 cm tall, (n = 20). For the microscopic evaluation, were made 10 molds, with heavy and light silicone, from a labial surface of a tooth pattern, prepared using a silicone tray of 1 cm by 1 cm inner diameter. The manipulation was performed in two ways: manual and vacuum, closely following the manufacturer's instructions for each type of plaster. For testing, use has been made of the universal testing machine EMIC, from Laboratory of Mechanical Engineering at UFSC, and the SEM *JEOL JSM-6390LV*, from Central Laboratory of Electron Microscopy at UFSC. The endurance test data were subjected to Kolmogorov-Smirnov ($p = 0.200$), the two-way ANOVA and Tukey tests. Concluded that there is a statistical difference in the compressive strength of gypsum patterns among the techniques of mixing and, to SEM, mechanized handling let the mixture more homogeneous.

Keywords: Gypsum dental. Mixing techniques. Compressive strength. SEM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Preparo das amostras para o teste de compressão.....	47
Figura 2: Gessos usados na pesquisa.....	47
Figura 3: Espatulador a vácuo.....	48
Figura 4: Moldes do padrão de dente.....	49
Figura 5: Padrão de dente preparado.....	49
Figura 6: Máquina Universal de Ensaios.....	50
Figura 7: Gráfico de dispersão (Box-plot).....	54
Figura 8: Valores médios de resistência à compressão.....	57
Figura 9: Valores médios de resistência à compressão, independente da técnica.....	59
Figura 10: Valores médios de resistência.....	61
Figura 11: Gesso comum tipo II: Gesso-Rio.....	62
Figura 12: Gesso pedra tipo III: Campeão.....	63
Figura 13: Gesso pedra tipo IV: Durone.....	64
Figura 14: Gesso pedra tipo V: Exadur.....	65
Figura 15: Gesso Reforçado por resina: Resin-Rock.....	66
Figura 16: MEV aumento de 1.500x.....	70
Figura 17: MEV- forma beta- forma alfa.....	71
Figura 18 A: A análise microscópica do término cervical.....	71
Figura 18 B: A análise microscópica do término cervical.....	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores de resistência à compressão em KN.....	55
Tabela 2: Análise de variância (two-way).....	57
Tabela 3: Teste Tukey HSD	58
Tabela 4: Médias e valores máximos e mínimos da resistência.....	60
Tabela 5: Médias com os respectivos resultados e valores da resistência.....	62

LISTA DE SÍMBOLOS

MEV: Microscópio Eletrônico de Varredura

mm: milímetros

%: por cento

UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina

CaSO₄.1/2H₂O: Sulfato de cálcio hemi-hidratado

ADA: American Dental Association

Nº: número

CaSO₄.2H₂O: Sulfato de cálcio di-hidratado

°C: grau centígrado

ml: mililitro

g: grama

kg: quilograma

MPa: megapascal

N: newton

KN: quilonewton

min: minuto

KgF: quilograma força

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	27
2 OBJETIVOS.....	29
2.1 OBJETIVO GERAL.....	29
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	31
3.1 USOS DA GIPSITA EM ODONTOLOGIA.....	31
3.2 TIPOS DE GESSO.....	32
3.2.1 Gesso para moldagem (tipo I).....	32
3.2.2 Gesso comum para modelo(tipo II).....	32
3.2.3 Gesso pedra tipo III.....	33
3.2.4 Gesso pedra melhorado, com alta resistência e baixa expansão (tipo IV).....	34
3.2.5 Gesso pedra melhorado, com alta resistência e alta expansão (tipo V).....	34
3.2.5 Gesso sintético.....	35
3.3 REAÇÃO DE PRESA.....	35
3.4 EXPANSÃO HIGROSCÓPICA DE PRESA.....	37
3.5 CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS.....	38
3.4 RESISTÊNCIA.....	40
3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV).....	43
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	45
4.1 MATERIAL.....	45
4.2 APARELHOS.....	46
4.3 MÉTODO.....	46

4.3.1	Preparo das amostras para o teste de compressão.....	46
4.3.2	Gessos utilizados na pesquisa.....	47
4.3.3	Preparo das amostras para o teste de compressão.....	48
4.3.4	Padrão para investigação microscópica.....	49
4.4	ENSAIOS TECNOLÓGICOS.....	50
4.5	DESCRIÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	50
5	RESULTADOS.....	53
5.1	ANÁLISE DESCRITIVA.....	53
5.2	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	555
5.4	COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO.....	60
5.5	MEV.....	62
6	DISCUSSÃO.....	677
7	CONCLUSÃO.....	73
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

Os produtos de gesso são de fácil manipulação e tem ampla aceitação na Odontologia, especialmente na área de prótese, para obtenção de modelos das estruturas bucais. Entretanto, sabe-se que os gessos apresentam desvantagens significativas, como a baixa resistência à fratura e à abrasão, uma limitada reprodução de detalhes, baixa estabilidade dimensional, bem como a própria sensibilidade da técnica de manipulação, o que acaba evidenciando a necessidade de aprimorá-los para se atingirem excelentes resultados. (PHILLIPS, 1993)

Procedimentos clínicos que exigem precisão de moldes e modelos, como a posição dos pilares de implantes, são cada vez mais requisitados na Odontologia. Os protesistas estão na expectativa de um material para modelo que permita utilização conveniente e em tempo adequado, sem o risco de fraturas ou das indesejadas alterações dimensionais não previsíveis. Portanto, identificar, quantificar e controlar as alterações dimensionais dos materiais utilizados torna-se indispensável na confecção dos modelos em que são construídas as próteses dentárias.

Os gessos odontológicos são, sob o ponto de vista químico, sulfatos de cálcio hemidratados ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$), acrescidos de modificadores que lhes emprestam características especiais. São produzidos pela desidratação parcial da gipsita natural. Dependendo do método de calcinação, obtêm-se diferentes formas de hemidratado. (MOTTA, 1991)

Segundo a Especificação nº25 da American Dental Association (ADA), podem ser classificados em 5 tipos: Tipo I) para moldagem; Tipo II) gesso comum; Tipo III) gesso pedra; Tipo IV) gesso pedra melhorado, com alta resistência e baixa expansão e tipo V) gesso pedra melhorado, com alta resistência e alta expansão.

Apesar de apresentarem composições químicas semelhantes, eles diferem entre si pela forma e tamanho dos cristais de sulfato de cálcio hemidratado e isso se reflete sobre as propriedades físicas e mecânicas destes materiais. (FERRACANE, 1995)

Devido à grande importância do gesso para a Odontologia, é imprescindível conhecer mais suas propriedades e como estas são influenciadas pelo modo pelo qual o material é preparado, bem como investigar a morfologia dos seus cristais nas diferentes técnicas de manipulação.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo desta pesquisa foi avaliar a resistência à compressão de gessos odontológicos, em razão de diferentes técnicas de espatulação, manual ou mecânica a vácuo, e observar sua morfologia ao MEV em cada uma dessas situações.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a resistência à compressão de cinco tipos de gessos odontológicos (tipo II, tipo III, tipo IV, tipo V e reforçado por resina), após estes serem preparados conforme indicação dos fabricantes e manipulados manualmente e mecanicamente.
- Observar ao MEV a morfologia dos cristais dos diferentes tipos de gessos, após cada uma das técnicas de espatulação.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 USOS DA GIPSITA EM ODONTOLOGIA

A gipsita é uma forma opaca, quase pura de sulfato de cálcio diidratado, ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), mineral abundante no Brasil, em especial nos estados de Piauí, Ceará e Pernambuco. Sob o ponto de vista químico, os gessos são sulfatos de cálcio hemidratados, acrescidos de modificadores que lhes conferem propriedades especiais, utilizados desde o século XVIII em Odontologia. O hemidratado provém da desidratação da gipsita, sendo que condições de temperatura, pressão e umidade são responsáveis pelas propriedades físicas e mecânicas dos produtos obtidos. (MOTTA, 1991)

A gipsita é submetida a um processo de calcinação e origina produtos como o gesso comum e o gesso pedra, cujo constituinte principal é o sulfato de cálcio hemidratado. Dependendo do método de calcinação formam-se produtos alfa ou beta, caracterizando diferentes formas de cristais. A forma beta é conhecida como gesso comum, cujos cristais são largos e irregulares, caracterizados por formas esponjosas. Enquanto que a forma alfa é constituída de pequenas partículas cilíndricas regulares, são mais densas, caracterizando o gesso pedra. A consequência disso é que o alfa-hidratado requer menos água que o beta-hidratado. (SKINNER; PHILLIPS, 1962)

Em Odontologia, os produtos de gipsita são usados para confecção de modelos de estudo e de trabalho, especialmente na área de prótese dentária. Estes modelos são base para a reprodução fiel de minuciosos detalhes da superfície dos preparos, permitindo que o profissional execute seu trabalho como se estivesse fazendo na própria boca do paciente. Isso só é possível se existir compatibilidade entre o material de confecção do modelo com o material de moldagem. Os modelos de trabalho precisam oferecer elevada resistência à fratura, ter estabilidade dimensional ao longo do tempo e permitir a confecção do troquel, sem perder precisão dos detalhes. É difícil que o modelo de trabalho possua todas estas características e as mantenha inalteradas durante o tempo necessário para se fazer os procedimentos laboratoriais. (MARTIGNONI; SCHÖNENBERGER, 1998)

3.2 TIPOS DE GESSO

Segundo a Especificação nº25 da American Dental Association (ADA, 1989), podem ser classificados em 5 tipos: Tipo I) para moldagem; Tipo II) gesso comum; Tipo III) gesso pedra; Tipo IV) gesso pedra melhorado, com alta resistência e baixa expansão e tipo V) gesso pedra melhorado, com alta resistência e alta expansão. Ainda existem os gessos reforçados por resina, também denominados de sintéticos.

3.2.1 Gesso para moldagem (tipo I)

Estes materiais para moldagem, atualmente em desuso, são compostos de gesso Paris, denominação decorrente do fato de este material ser importado inicialmente de Paris – França -, ao qual foram adicionados modificadores, como aceleradores e retardadores, para regular o tempo de presa e a expansão de presa. (ANUSAVICE, 1998)

É obtido pela calcinação da gipsita a uma temperatura que varia de 110 a 120 °C. Possui frequentemente amido em sua composição, facilitando sua remoção por sobre o modelo. (MOTTA, 1991)

Como aceleradores existem o cloreto de sódio (até cerca de 2% em relação ao hemidrato), o sulfato de sódio (até 3,4% em relação ao hemidrato) e o sulfato de potássio (entre 2 e 3% do hemidrato). Por sua vez, como retardadores existem os citratos, os boratos e os acetatos. Esse tipo de gesso é raramente utilizado nos dias atuais, pois surgiram os hidrocolóides e os elastômeros. (PHILLIPS, 1993)

3.2.2 Gesso comum para modelo (tipo II)

Amplamente utilizado nos laboratórios de prótese até 1930, tendo como limitação sua baixa resistência. Após uma hora, a resistência mínima desse gesso é de 8,9 MPa. É normalmente comercializado na cor branca, para contrastar com os gessos pedra, que geralmente são coloridos. (PHILLIPS, 1993)

Usado pelos ortodontistas para confecção de modelos de estudo, sendo recobertos por sabão para lhes dar brilho. (MOTTA, 1991)

Usado também para preencher a mufla na construção de uma prótese total ou parcial, quando a expansão de presa não é crítica e a resistência é adequada. Finalmente, pode ser utilizado para completar a

fixação de modelos em articuladores. É relativamente pouco resistente. (ANUSAVICE, 2005)

3.2.3 Gesso pedra (tipo III)

Obtido através da calcinação da gipsita sob pressão de vapor controlado em autoclave, entre 120 e 130°C. Seus cristais são mais densos que os do Paris, o que exige menor quantidade de água na mistura, sendo mais resistente e duro que o tipo II, fato que originou a denominação “gesso-pedra”. Após 1 hora, tem uma resistência à compressão de no mínimo 20 MPa, mas não excede 34 MPa. (MOTTA, 1991)

Composto principalmente da variedade hemidratado- α , a qual se adicionam 2 a 3 % de modificadores, um acelerador e um retardador, com a finalidade de controlar o tempo e a expansão de presa. O sulfato de potássio e o sal de Rochelle são comumente empregados na maior parte dos gessos tipo pedra. Os gessos-pedra são classificados em relação à resistência em classe I, que representa uma resistência à compressão a seco de 40 MPa a 50 MPa, e classe II, cuja resistência à compressão a seco pode chegar a 68 MPa. Além disso, os da classe II possuem menor expansão de presa do que os da classe I. A diferença está no tamanho da partícula do hemidratado- α utilizado, uma vez que as partículas do gesso II são maiores que as do gesso I. Como resultado, uma proporção água/pó menor pode ser utilizada para a mistura dos gessos pedra classe II. (SKINNER, 1962)

Indicado para a construção de modelos, na confecção de próteses totais que se ajustam aos tecidos moles, pois apresentam uma resistência adequada para este propósito e a prótese pode ser removida mais fácil da boca. (ANUSAVICE, 2005)

Este material é utilizado para a construção de troqueis, que reproduzem dentes preparados, nos quais serão construídas restaurações que necessitam, durante o processo de fabricação, que o material do troquel apresente grande dureza e resistência. É preciso salientar que uma ligeira expansão é tolerável em um modelo e reproduz os tecidos moles, mas não é aceitável quando envolve a montagem de dentes preparados. Sendo assim, este gesso é preferido para confecção de modelos durante a fabricação de dentaduras, por apresentar resistência adequada às etapas envolvidas e ser de fácil remoção após a conclusão da prótese. (PHILLIPS, 1993)

3.2.4 Gesso pedra melhorado, com alta resistência e baixa expansão (tipo IV)

Para este tipo de gesso, a calcinação se processa em vapor a uma temperatura de aproximadamente 125 °C na presença de cloreto de cálcio a 30% para acelerar a reação gerando cristais cuboide e retangulares, densos, homogêneos e em grande quantidade. O tipo IV é mais estável que o tipo III no quesito expansão de endurecimento, que é controlada pela incorporação de redutores como sulfato de potássio e tártaro de potássio. (MOTTA, 1991)

Este gesso é largamente utilizado para confecção de troqueis e modelos de trabalho de prótese parcial fixa, devido à sua alta resistência e mínima expansão de presa. Após 1 hora a resistência à compressão é de no mínimo 34 MPa. (ANUSAVICE, 2005)

Os principais requisitos de um gesso para troquel são a resistência e o mínimo de expansão de presa. Para isso, um α -hemidratado do tipo “Densita” é utilizado. Como a secagem na superfície do gesso acontece mais rapidamente, a dureza da superfície aumenta mais rapidamente do que a resistência à compressão, o que constitui uma vantagem real, pois a superfície do troquel deve resistir à abrasão, enquanto seu corpo tenaz está menos sujeito à fratura. (PHILLIPS, 1993)

3.2.5 Gesso pedra melhorado, com alta resistência e alta expansão (tipo V)

São provenientes do refinamento e da incorporação de aditivos químicos no processo de calcinação da gipsita sob pressão no meio saturado de vapor, a uma temperatura entre 120 e 130 °C, para produzir cristais mais homogêneos, diminuindo-se as quantidades dos redutores de expansão de presa. (PHILLIPS, 1993)

Tem uma resistência à compressão superior à do gesso tipo IV, de no mínimo 48 MPa. Este aumento da resistência é conseguido pela diminuição da relação água: pó. Além disto, há um aumento da expansão de presa, propriedade que compensa a grande contração de solidificação que certas ligas novas apresentam, como as de metais básicos. (ANUSAVICE, 2005)

3.2.5 Gesso sintético

O gesso pedra de baixa expansão, fortalecido com resina e gipsita alfa melhorada, tornariam o modelo mais resistente à fratura e a abrasão, apresentando baixa expansão de presa e estabilidade dimensional. Indicam-se para a fabricação de troquéis, bandas dentárias e modelos para técnicas de metais preciosos e cerâmicos. (PHILLIPS, 1993)

3.3 REAÇÃO DE PRESA

Ao reagirem com a água, os produtos formados durante a calcinação retornam à forma de gipsita, contudo nunca alcançam 100% de conversão ao diidratado. A reação de presa do gesso ocorre pela dissolução do sulfato de cálcio hemidratado, pela formação de uma solução saturada de sulfato de cálcio e agregação de sulfato de cálcio diidratado e pela precipitação de cristais de diidrato. (PHILLIPS; SKINNER, 1962)

A reação de presa se inicia com a mistura de pó de hemidrato com água, através de uma reação exotérmica. Inicialmente a mistura é um líquido viscoso, com superfície brilhante, devido a uma fase aquosa contínua. Cristais de gipsita começam a interagir entre si e a superfície brilhante desaparece, devido ao direcionamento da fase aquosa aos poros formados pelo crescimento dos cristais que se afastam uns dos outros. A gipsita endurecida consiste em um agregado de cristais entrelaçados, que incorporam porosidade microscópica, a qual é inerente e pode ser de dois tipos: a causada pela água que não reagiu e ficou no bloco endurecido, caracterizados por poros esféricos e entre os blocos de cristais, ou a causada pelo crescimento cristalino, que são menores e irregulares, ocorrendo no interior dos cristais. As duas formas de porosidades são influenciadas pela relação água/pó. Uma baixa relação água/pó deixa menos água sem reagir no bloco endurecido, diminuindo a quantidade do primeiro tipo de porosidade. Por outro lado, aumenta a relação intercrystalina por concentrar pontos de nucleação em menor volume da mistura, aumentando o segundo tipo de porosidade. (O'BRIEN, 1981)

A teoria mais importante e reconhecida para o mecanismo de presa é a teoria cristalina. Ela foi originada por Henri Louis Le Châtelier, um químico francês e depois, em 1907, a teoria recebeu o

apoio de Jacobus Hendricus Van't Hoff, um famoso químico alemão. De acordo com a explicação de Van't Hoff, a diferença na solubilidade do sulfato de cálcio diidratado e hemidratado causa a presa do material. (MOTTA, 1991)

A reação de presa pode ser descrita em quatro etapas: 1) Há formação de uma suspensão fluida e possível de ser manipulada ao se misturar o hemidrato com água; 2) O hemidrato dissolve-se até formar uma solução saturada; 3) Esta solução torna-se supersaturada pela presença do diidrato, que se precipita; 4) Com a precipitação do diidrato, a solução deixa de ser saturada de hemidrato, e assim a dissolução continua até a exaustão do hemidrato. Quanto mais finas forem as partículas, mais rápido será o endurecimento da mistura, devido ao aumento do número de núcleos de cristalização. As impurezas presentes também diminuem o tempo de presa por aumento dos núcleos de cristalização. Quanto maiores o tempo e a velocidade de espatulação, menor será o tempo de presa do gesso. Ao se misturar água ao gesso, inicia-se a formação dos cristais. Com a espatulação estes são rompidos e redistribuídos pelo interior da mistura, resultando na formação de mais núcleos de cristalização. Dessa forma, o tempo de presa é reduzido. (PHILLIPS, 1993)

Quando o hemidrato é misturado com a água, a reação é revertida [$(\text{CaSO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + 3 \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O} + \text{calor}$]. O produto da reação é a gipsita, e o calor envolvido na reação exotérmica é equivalente àquele usado durante o processo de calcinação. Podem-se descrever três métodos para se controlar o tempo de presa: O primeiro diz respeito à solubilidade do hemidratado, a qual pode ser aumentada ou diminuída e quanto mais solúvel for mais rápido será a deposição dos cristais. O segundo método refere-se ao número de núcleos de cristalização, ou seja, quanto maior o número de núcleos de cristalização, mais rapidamente se formarão os cristais de gipsita e mais rapidamente ocorrerá a presa. Por último, pode-se acelerar ou retardar o tempo de presa por aumento ou diminuição de crescimento dos cristais. A quantidade de água e de hemidratado deve ser medida precisamente por peso, pois a relação água/pó é um fator importante na determinação das propriedades químicas e físicas do produto final. Quanto mais água for acrescentada na mistura, menor será a formação de núcleos de cristalização, conseqüentemente, maior o tempo de presa. (ANUSAVICE, 2005)

3.4 EXPANSÃO HIGROSCÓPICA DE PRESA

Sabe-se que os gessos apresentam uma expansão aparente do ponto de vista físico-químico, que na prática traduz-se por um aumento de volume. A expansão normal de presa é consequência do crescimento dos cristais e do progredir deste emaranhado. A magnitude dessa expansão pode chegar a duplicar se o gesso entrar em contato com uma quantidade de água durante a sua reação de presa, caracterizando a expansão higroscópica do material. (LINDQUIST, 1953)

No processo de cristalização fica evidente o crescimento para fora dos cristais a partir dos núcleos de cristalização. Tomando como base que os cristais de diidrato formados se entrelaçam, não é difícil imaginar que durante este crescimento cristalino, a partir dos núcleos, os cristais como um todo não só se entrelaçam, mas também se chocam, impedindo o crescimento de outros cristais. Se o crescimento de um cristal é interrompido por outro, o resultado será o aparecimento de uma tensão neste ponto, cuja resultante se direciona para o núcleo de cristal que teve seu crescimento impedido. Esta expansão pode ser suficiente para causar um erro, resultando em uma falta de adaptação de uma dentadura ou outro aparelho similar que fosse construído sobre um modelo que apresentasse esta expansão. (DARVELL, 2000)

Como este processo se repete em milhares de cristais durante o crescimento, é possível que estas tensões resultantes empurrem para fora o conjunto em formação, promovendo uma expansão de toda a massa. É por isto que uma expansão aparente ou observada irá ocorrer, mesmo que o volume verdadeiro dos cristais, isoladamente, seja menor. Estes choques e movimentos dos cristais têm como consequência a formação de microporos. A estrutura final imediatamente após a presa é, portanto, composta de cristais interligados e de microporos entre eles, além de poros resultantes da água em excesso que é necessária para a mistura. Como, com o tempo, o excesso de água será eliminado, a tendência é que apareçam mais espaços vazios ou poros. (FERRACANE, 1995) ZANI (1994), concluiu que os modelos obtidos com os gessos tipos IV e V sempre apresentaram expansão ao passo que aqueles confeccionados com resina epóxica se apresentaram contraídos, a associação entre a resina epóxica com o gesso do tipo V resultou em expansão, com exceção da régida oclusal do modelo canino que contraiu.

Independentemente do tipo de produto de gesso empregado, é possível detectar-se uma expansão da massa durante a transformação do hemidrato em diidrato. Dependendo da composição do gesso, podem-se

observar expansões lineares tão pequenas quanto 0,06% ou tão altas como 0,5%. Algumas vezes a expansão de presa nos procedimentos odontológicos é vantajosa e em outras se constitui uma desvantagem. Conseqüentemente é necessário controlá-la para que se obtenha uma precisão desejada nas aplicações odontológicas dos gessos. A expansão higroscópica de presa é física e não é causada por nenhuma reação química, diferente daquela ocorrida durante a expansão normal de presa. A redução na relação água/pó aumenta a expansão higroscópica e a expansão normal de presa. O aumento do tempo de espatulação resulta no aumento da expansão higroscópica. (ANUSAVICE, 2005)

3.5 CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS

O proporcionamento água/pó influencia diretamente a resistência do gesso, sendo assim, é imprescindível seguir as orientações do fabricante e dosar precisamente a quantidade indicada de água e pó, utilizando-se pipeta graduada e balança de alta precisão. Usar um vibrador automático de alta frequência e baixa amplitude auxilia na eliminação de bolhas durante a manipulação. Deve-se colocar o pó na água, ambos devidamente dosados. O critério de seleção de determinado tipo de gesso depende de suas propriedades físicas. Por exemplo, se é necessário um modelo resistente, não é correto utilizar-se de gesso comum (tipo II), pois ele não tem resistência suficiente para todas as indicações. (PHILLIPS, 1993)

De acordo com SHILLINGBURG *et al.* (1998), o troquel e o modelo devem ter superfícies suficientemente duras para não sofrer abrasão e, deste modo, recomendam usar o gesso-pedra extra-duro tipo IV ou extra-duro com alta expansibilidade tipo V para confecção do troquel.

Um fator que pode alterar as propriedades do gesso está relacionado com as técnicas de espatulação, que podem ser manual ou mecânica, com ou sem vácuo. Na mistura manual, há uma correlação direta com as características físicas do operador, o que pode influenciar a qualidade final do gesso. (ANUSAVICE, 1998)

MAZZETTO *et al.* (1990), fizeram um estudo comparativo da capacidade dos elastômeros na reprodução de detalhes para os modelos de gesso, utilizando-se de dois gessos-pedra melhorados (tipo IV), dois gessos-pedra (tipo III), e dois gessos-comum (tipo II). Em seus resultados, observaram que os modelos de gesso não demonstraram uma capacidade uniforme de reprodução dos sulcos moldados, sendo que os

melhores resultados, quanto ao nível de reprodução, ficaram com os gessos tipo III e IV, em comparação com os gessos-comum (tipo II).

Em 1957, HOLLENBACK E SMITH testaram várias marcas comerciais de gessos tipo III e IV, quanto à relação água/pó, expansão de presa, expansão higroscópica, resistência à compressão e tempo de presa. Algumas amostras foram manipuladas com todos os cuidados recomendados pelo fabricante, e em outra parte das amostras estes cuidados não foram tomados. Concluíram que nas amostras onde não foram obedecidas as recomendações do fabricante, as propriedades se tornaram piores. Observaram também que os gessos mais caros não foram os que apresentaram os melhores resultados.

A prática comum de se adicionar água e pó várias vezes para conseguir a consistência adequada deve ser evitada, pois provoca distúrbio na presa, causando diminuição da resistência. Devido a isto, ocorre a expansão higroscópica do gesso, provocando distorção no modelo final, o que pode ser apontado como uma das principais causas de falta de precisão no uso dos produtos do gesso. (ISO, 1998)

Segundo HOLLENBACK (1967), existem poucos relatos na literatura sobre a influência da espatulação mecânica ou manual sobre o gesso endurecido. O mais comumente indicado é seguir as recomendações do fabricante, utilizando-se manipulação mecânica. Apesar do relato do melhor êxito ser seguir as recomendações dadas pelo fabricante utilizando-se a manipulação mecânica, muito ainda se discute sobre as alterações na resistência que podem ser provocadas pela manipulação manual.

SANTOS JR. *et al.* (2001) realizaram um trabalho que teve como propósito avaliar as alterações ocorridas em gesso tipo IV através de dois ensaios mecânicos: teste de resistência à compressão e à tração diametral, quando submetido a diferentes métodos de desinfecção. Foram obtidos 20 corpos de prova para cada tipo de ensaio mecânico, divididos em quatro grupos de cinco elementos que corresponderam a três métodos de desinfecção além de um grupo de controle. O primeiro grupo foi imerso no glutaraldeído alcalino 2% por 10 minutos, o segundo grupo em hipoclorito de sódio a 0,05% por 10 minutos, o terceiro grupo foi levado a uma autoclave e submetido a um ciclo de três minutos a 134° C, e o quarto grupo, o controle, não foi submetido a qualquer método. Com base nos ensaios mecânicos realizados e seus valores analisados estaticamente concluíram que os métodos usuais de desinfecção de modelos são satisfatórios no que diz respeito às propriedades mecânicas do gesso tipo IV. Entretanto, o método de desinfecção por autoclave não é recomendado, pela alteração provocada

no gesso tipo IV, diminuindo sua resistência à compressão e à tração diametral.

Segundo PIRES *et al.* (2003), foi analisada a influência de 5 diferentes temperaturas da água de manipulação: 2°C, 12°C, 23°C, 40°C e 55°C, respectivamente, no tempo de presa de um gesso tipo III (Vigodent), com o qual foram confeccionados cinco espécimes para cada temperatura. Um único operador utilizou porções unitárias de 50g, obedecendo a relação água/pó e o tempo de espatulação indicados pelo fabricante. A mistura foi vertida no interior de uma matriz cilíndrica e, após a perda de brilho superficial foram utilizados as agulhas de Gillmore menor e maior para determinar os tempos de presa de cada espécime, cronometrados a partir do início da mistura. Os resultados permitiram concluir que a temperatura da água de manipulação exerce influência significativa sobre o tempo de presa dos gessos; ademais, as temperaturas entre 40°C e 55°C são as mais indicadas para reduzi-lo.

3.4 RESISTÊNCIA

A resistência do gesso é inversamente proporcional à relação água/pó, assim é importante manter a quantidade de água o mais baixo possível. Deve-se usar a relação água pó sugerida pelo fabricante como guia. O pó deve ser pesado e a água medida por pipetas graduadas. Devem-se evitar técnicas de adivinhação da quantidade de água necessária para a mistura, nas quais a água é adicionada repetidamente para alcançar uma consistência adequada, porque elas diminuem a resistência e podem causar distorções, uma das principais causas da falta de precisão no uso de produtos de gipsita. (PHILLIPS; SKINNER, 1962)

O aumento do tempo de espatulação afeta a resistência do gesso comum. Se a mistura for superespatulada, os cristais de gipsita serão quebrados e menor será o entrelaçamento intercristalino resultante no produto final. (PHILLIPS, 1993)

A resistência do gesso à compressão aumenta à medida que o material toma presa, e esta depende do conteúdo de água livre na fase endurecida. É por isso que existe a resistência úmida, quando a água em excesso necessária para hidratar o hemidratado é deixada na amostra, e a resistência seca, que chega a ser duas a três vezes maior que a úmida, quando os últimos resquícios de água evaporam, finos cristais de gipsita se precipitam. O método preferido de manipulação é adicionar a medida de água seguida da adição gradual de pó pré-dosado. O pó é incorporado

durante aproximadamente 15 segundos manual, seguido de 20 a 30 segundos de espátulação mecânica sob vácuo. Dessa forma obtém-se uma quantidade adequada de gesso, resultando em um modelo sólido. A resistência e a dureza do gesso obtido pela espátulação mecânica a vácuo geralmente excedem as obtidas pela manual. Quando o material é misturado com alta proporção água/pó, a resistência à tração é 25% maior do que a resistência à compressão. Já quando se mistura com baixa proporção água/pó a resistência a tração é menor do que 10% da resistência à compressão correspondente. (ANUSAVICE, 2005)

A Norma Nº 25 da A.D.A. (1989) estabelece que o valor mínimo de resistência à compressão seja, em MPa, respectivamente, para os tipos II, III, IV e V, 8,8; 20,6; 34,3 e 48,0.

No estudo de CASEMIRO, *et al.* (2006), foi avaliada a resistência à compressão de um gesso natural (Rock Plus V), um sintético (Tuff Rock), um reforçado por resina (GC Fuji Rock EP). Os ensaios mecânicos foram realizados nos tempos de 1h e 24h após a manipulação a vácuo, na Máquina Universal de Ensaio, com célula de carga 2000 KgF e velocidade constante de 5mm/min. Foram vertidos em matrizes cilíndricas de PVC (4,0 x 2,0 cm). As partículas foram analisadas ao MEV. Os maiores valores de resistência foram atingidos pelo gesso reforçado por resina, em média, 49,7 MPa para a resistência úmida e 59,59 MPa para a resistência seca. Todos os materiais apresentaram aumento da resistência, comparando-se os tempos de 1h e 24h. Na análise microestrutural, o gesso resinado apresentou partículas menores com formas prismáticas. As maiores partículas foram observadas para o gesso natural. O gesso sintético apresentou partículas de tamanho intermediário, irregulares e compactas.

Em relação à técnica de espátulação, PEREIRA, *et al.* (2002) compararam o efeito da técnica de espátulação, manual e mecânica, na resistência à compressão de modelos de gesso tipo IV. Confeccionaram matrizes de PVC (4,0 x 2,0) e prepararam cinco modelos para cada grupo do teste de compressão. O grupo I foi preparado seguindo as recomendações do fabricante, com manipulação em espátulador a vácuo. O Grupo II para o teste de compressão foi preparado seguindo as recomendações do fabricante, com manipulação manual. Os testes foram realizados 30 minutos após a manipulação, na Máquina Universal de Ensaio, à velocidade de 0,5 mm/min. Não houve diferença estatística nos valores de resistência para as duas técnicas de manipulação.

CASTILHO *et al.* (2007) realizaram um estudo sobre a influência da técnica de aglutinação da mistura, água no pó ou pó na água, e da relação água/pó aleatória, sobre a resistência à compressão seca dos

gesso tipo III (Herodent) e tipo IV (Durone). Foram 5 formas de aglutinação para cada tipo de gesso (n=8): GC- Grupo controle (recomendações do fabricante), GI-BGP (balança, gral graduado e pó sobre a água), GII-BPA (balança, proveta e água sobre o pó), GIII-AGP (aglutinação aleatória, gral graduado e água sobre o pó), GIV-BAA (balança, aglutinação aleatória e água sobre o pó). Foram confeccionados 80 corpos-de-prova (4,0 x 2,0 cm). Após 7 dias de armazenagem foram submetidos ao teste de compressão, na Máquina Universal de Ensaio. De acordo com os resultados (kgf) obtidos pelo teste de compressão para o gesso tipo III, não houve influência do modo de aglutinação ($p = 0,25$): AGA (11,8 KN), BGP (11 KN), BPA (10,8 KN), BAA (10,3 KN), controle (10,2 KN). Já para o gesso tipo IV, houve diferença entre os tratamentos ($p = 0,03$): BAA (18,6 KN), AGA (18,5 KN), BPA (17,4 KN), BGP (17,4 KN), controle (16,9 KN).

MALUF *et al.* (2009), estudaram a resistência à compressão do gesso odontológico tipo III e tipo IV, utilizando a água gessada como modificador. Confeccionaram 40 corpos de prova e dividiram em grupo A e grupo B. O grupo A foi dividido em subgrupos: A1: gesso tipo III espatulado com água destilada, testado para resistência seca à compressão; A2: gesso tipo III espatulado com água destilada, testado para resistência úmida à compressão; A3: gesso tipo III espatulado com água gessada testado para resistência seca à compressão; A4: gesso tipo III espatulado com água gessada testado para resistência úmida à compressão. O grupo B seguiu a mesma divisão, porém para o gesso tipo IV. Concluiu-se que a água gessada não alterou a resistência à compressão seca e úmida do gesso tipo IV, entretanto o gesso tipo III teve sua resistência seca diminuída.

REIS *et al.* (2004), avaliaram a resistência à compressão de gessos odontológicos tipo IV (Durone IV, Vel-Mix e Herostone) e tipo V (Durone V e Exadur V) em duas idades, uma hora e sete dias após a manipulação. Os resultados não mostraram diferenças significativas estatisticamente no período de uma hora entre os gessos analisados. Os resultados, em MPa, para os gessos Durone IV, Durone V, Exadur, Vel-Mix e Herostone foram em média, respectivamente: 46,3; 48,7; 49,1; 47,1 e 44,5. Após sete dias, os gessos Durone IV, Durone V e Exadur V apresentam resultados estatisticamente equivalentes, sendo eles respectivamente de: 62,5 Mpa; 65,5 Mpa; 53,1 MPa. O fator idade só foi significativo para Durone IV, e Durone V.

PEREIRA *et al.* 2002, analisaram a resistência à tração diametral e à compressão de modelos de gesso tipo IV (Durone), utilizando-se diferentes técnicas de espatulação, manual e mecânica. Nos grupos I e

III a manipulação foi mecânica e nos grupos II e IV, manual. Mediu-se a resistência à compressão nos grupos I e II e à tração diametral nos grupos III e IV. Nos resultados não houve diferença estatística entre as técnicas para o teste de compressão. A média de resistência à compressão para os grupos espatulados manualmente foi de 49,64 MPa, e para os espatulados mecanicamente de 50,96 MPa. A manipulação manual teve influência negativa na tração diametral, com média de 0,30 MPa, enquanto a mecanizada conferiu uma média de 0,73 MPa.

ALVES *et al.* (2011) avaliaram a resistência à compressão e à tração diametral de três tipos de gessos odontológicos, Gesso-Rio tipo II, Gesso-Rio tipo III e Durone tipo IV. Seguiram a Especificação para uso de Gessos Odontológicos Nº 25 da ADA, confeccionando cinco corpos de prova para cada condição específica. Uma semana após, foi realizado o teste de resistência à compressão e o da tração diametral. O gesso tipo IV apresentou os melhores resultados em comparação com os gessos tipo II e tipo III, tanto nos testes de resistência à compressão como nos de tração diametral. O gesso tipo II obteve os piores resultados, em média 10,82 MPa. O gesso tipo III teve valores intermediários, uma média de 21,58 Mpa, mas não houve diferença estatística significativa com o gesso tipo IV, em média 29,52 MPa, a recomendável pela ADA é de 34,3 MPa.

3.6 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura é a técnica de caracterização microestrutural mais versátil hoje disponível, encontrando aplicações em diversas áreas do conhecimento. A interação entre um fino feixe de elétrons focalizando sobre a área a ser analisada gera diversos sinais usados para caracterizar a morfologia da amostra, como composição, superfície, etc. O MEV pode ser dividido em duas partes principais: a coluna e a câmara de amostras. A coluna contém em sua porção superior um canhão de elétrons, e abaixo destes, existe lentes magnéticas para a focalização de um fino feixe de elétrons sobre a amostra. A intensidade de sinais a serem emitidos depende da quantidade de corrente no feixe de elétrons, e é diretamente proporcional ao diâmetro do feixe. A câmara de amostras conta com diferentes tipos de detectores para captar os sinais gerados na interação elétron-amostra e um suporte que possibilita a movimentação da imagem em três eixos, além de rotação e inclinação lateral. (KAHN, H.,1996)

A fim de se observar a forma da superfície das partículas de gesso, CASEMIRO, *et al.* (2006) submeteu três espécimes diferentes ao MEV e observou que formas prismáticas e cuboides foram encontradas no gesso resinado, enquanto que no gesso natural foram observadas as maiores partículas. O gesso sintético apresentou partículas de tamanho intermediário, irregulares e compactas. Os resultados deste trabalho concluíram que quanto menores as partículas, mais rápida foi a reação de presa, consentindo com a literatura.

Observar a morfologia do material que reproduz a linha do término cervical justifica-se pela importância desta estrutura para o perfeito relacionamento bioprotético das coroas totais com os componentes biológicos do sistema mastigatório. A justeza do limite cervical, denominada clinicamente de adaptação marginal, é verificada apenas pela presença de uma linha, que possibilita a introdução de um somatório de erros, desde o momento do preparo das moldagens, da obtenção dos modelos, do enceramento, da fundição até o acabamento e polimento final da prótese. (FIGUEIREDO, 1998)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Foram utilizados os seguintes materiais:

- a) Gesso-Rio - Tipo II (Comum): Fabricação: jun/2011, Rio Claro/SP. Proporção água: pó = 60 ml/100g;
- b) Gesso Pedra Campeão - Tipo III: Fabricação: jul/ 2009, Rio de Janeiro/RJ. Proporção água/pó = 35 ml/100g;
- c) Gesso Pedra Tipo IV: Durone: Fabricação: mar/2010, Petrópolis/RJ. Proporção água: pó = 19 ml/100g;
- d) Gesso Pedra Tipo V: Exadur: fabricação: mar/2011, Polidental. Proporção água: pó = 19 ml/100g;
- e) Gesso Pedra reforçado por resina: Resin-Rock: Fabricação: abr/2008, Kentucky/ USA. Proporção água: pó = 20 ml/100g;
- f) Cuba para espatulação a vácuo;
- g) Gral de borracha e espátula de plástico para gesso;
- h) Pipeta de vidro com escala milimétrica de 100 ml;
- i) Moldeira de silicone (1 cm de diâmetro x 1 cm de altura);
- j) Matrizes de PVC (2 cm de diâmetro x 4 cm de altura), pré-cortadas;
- k) Serra metálica manual;
- l) Silicona de condensação – Perfil SH, Vigodent, denso e fluido; Data de Fabricação: set/2011;
- m) Padrão de dente anterior – Laboratório de Prótese Parcial;
- n) Stubs pequenos;

4.2 APARELHOS

Foram utilizados os seguintes aparelhos:

- a) Microscópio eletrônico de varredura *JEOL JSM-6390LV- scanning electron microscope*- Laboratório Central de Microscopia Eletrônica/UFSC;
- b) Máquina Universal de Ensaios: EMIC- Engenharia Mecânica/UFSC;
- c) Balança de alta precisão: Acculab, VI-400/Laboratório de Prótese Parcial/UFSC
- d) Espatulador a vácuo: Polidental. Amplitude 6.0. 220 Volts. Número de série: 0852/94. CGC: 48875/0001-30- Laboratório de Procedimentos/UFSC;
- e) Mesa vibratória: Knebel. CGC: 92988716/001-67. Nº 452. Nº voltas/min.: 7200 - Laboratório de Procedimentos /UFSC;

4.3 MÉTODO

4.3.1 Preparo das amostras para o teste de compressão

Para padronizar as amostras para o ensaio de compressão foram confeccionados 200 cilindros de PVC de 2 cm de diâmetro interno por 4 cm de altura. Foram vazadas 40 amostras de cada tipo de gesso, sendo 20 espatulados manualmente e 20 a vácuo.



Figura 1: Preparo das amostras para o teste de compressão

4.3.2 Gessos utilizados na pesquisa

Foram utilizados cinco tipos de gesso para análise tanto da resistência à compressão quanto da morfologia microscópica: Gesso comum tipo II: Gesso-Rio, Gesso Pedra tipo III: Campeão, Gesso pedra tipo IV: Durone, Gesso pedra tipo V: Exadur e Gesso pedra reforçado por resina: Resin Rock.



Figura 2: Gessos usados na pesquisa

4.3.3 Preparo das amostras para o teste de compressão

Segundo a especificação número 25 da ADA (1987), a resistência à compressão deve ser determinada em cinco espécimes cilíndricos de 2 cm de diâmetro e 4 cm de altura. Os moldes devem ser vibrados suavemente enquanto são preenchidos e as amostras devem ser retiradas a partir dos moldes em meia hora desde o início da mistura e armazenados em ar a $23,0 \pm 2,0$ ° C e $95 \pm 5\%$ de umidade relativa até serem testadas, uma hora após o início da mistura. As amostras devem ser comprimidas a uma taxa de carregamento de 980 ± 200 N / min (100 ± 20 kg / min).

Os gessos escolhidos foram devidamente pesados em uma balança digital e a água medida em uma pipeta graduada até 100 ml. As amostras foram preparadas nas mesmas condições de temperatura. A manipulação foi realizada de duas maneiras: manual e a mecânica a vácuo, seguindo rigorosamente as instruções do fabricante para cada tipo de material.

A manipulação manual foi realizada com o uso de gral de borracha e espátula para gesso até a homogeneização da mistura. A água utilizada foi da torneira do Laboratório de Procedimentos da UFSC, medida com pipeta. Não foi usada mesa vibratória.

A manipulação a vácuo foi feita, após a homogeneização da mistura em gral de borracha e com espátula de gesso, durante o tempo estipulado pelo fabricante. Utilizou-se água deionizada e mesa vibratória.



Figura 3: Espatulador a vácuo

4.3.4 Padrão para investigação microscópica

Foram confeccionados 10 moldes com silicona de condensação, de consistência pesada e fluida, da face vestibular de um padrão de dente preparado. Para isso, confeccionou-se 10 moldeiras de silicone com as dimensões 1cm de diâmetro interno por 1 cm de altura.



Figura 4: Moldes do padrão de dente

Os mesmos foram vazados com os cinco tipos de gessos avaliados, após estes serem espatulados manualmente e mecanicamente a vácuo, a fim de obtermos dois modelos de cada tipo de gesso, sendo um deles manipulados manualmente e sem vibrador e outro a vácuo e com vibração no preenchimento.



Figura 5: Padrão de dente preparado

Após a reação de presa, os modelos foram separados e seccionados pela metade, seguindo seu longo eixo, a fim de possibilitar a fixação nos stubs e, ao mesmo tempo, permitir a visualização do término cervical.

As amostras foram levadas até o Departamento de Microscopia para serem preparadas. O preparo incluiu fixação nos stubs e recobrimento com pó de ouro. Foram feitos três imagens de cada espécime, com aumentos de 25, 300 e 1.500 vezes da mesma área do término dos modelos dos diferentes tipos de gessos e das diferentes condições experimentais.

4.4 ENSAIOS TECNOLÓGICOS

A pesquisa investigou, através de experiência em laboratório, a resistência à compressão de corpos-de-prova de cinco tipos de gesso (Tipo II; Pedra Tipo III; Pedra Tipo IV; Pedra Tipo V e Reforçado com resina). Para isso, fez-se uso da Máquina Universal de Ensaio EMIC, do Laboratório de Engenharia Mecânica da UFSC.

A análise micro estrutural dos corpos-de-prova foi realizada no Microscópio Eletrônico de Varredura *JEOL JSM-6390LV*, do Laboratório Central de Microscopia Eletrônica da UFSC.



Figura 6: Máquina Universal de Ensaio

4.5 DESCRIÇÃO DA ANÁLISE ESTATÍSTICA

A pesquisa é do tipo experimental quantitativa. As variáveis são quantitativas contínuas, pois os dados podem assumir quaisquer valores numéricos, tanto inteiros como fracionados (Ex: comprimento, peso, resistência).

As hipóteses nulas a serem testadas são: 1) O tipo de espatulação (manual ou mecânica a vácuo) não interfere na resistência à compressão dos gessos odontológicos testados; 2) não há diferença na resistência à compressão entre os cinco tipos de gessos testados (comum, pedra, tipo IV, tipo V e resinoso).

A análise estatística foi realizada considerando os valores de resistência à compressão de cilindros de gesso. Os dados foram submetidos ao teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar se a distribuição dos dados ocorria de forma normal. Como os dados apresentavam distribuição normal ($p=0,200$) as possíveis diferenças estatísticas entre os grupos foram analisadas por meio da Análise de Variância com dois fatores (ANOVA *two-way*). Como o teste ANOVA não indica onde estão localizadas as diferenças estatísticas utilizou-se o teste de Tukey HSD para identificar quais médias diferem entre si. Consideraram-se significativos os valores de $p=0,05$, ou seja, nível de significância de no mínimo 5%.

A análise foi realizada com auxílio dos programas Microsoft Excel 2011 (Microsoft Corporation, Redmond, WA, EUA) e SPSS 20 (IBM SPSS Statistics, Chicago, IL, EUA).

5 RESULTADOS

5.1 ANÁLISE DESCRITIVA

A presente análise é constituída por 200 valores de resistência à compressão de cilindros produzidos com cinco tipos de gesso (comum, pedra tipo III, pedra tipo IV, pedra tipo V e pedra reforçado por resina) preparados utilizando duas técnicas de espatulação (manual e a vácuo), constituindo 10 grupos (N=20). A Tabela 1 apresenta a estatística descritiva dos valores de resistência à compressão dos cilindros de gesso.

Tabela 1: Tamanho da amostra (N), médias, desvios-padrão (DP), valores mínimo e máximo da resistência à compressão dos padrões de gesso (em KN), conforme a técnica de espatulação.

Espatulação	Gesso	N	Média	DP	Mínimo	Máximo
Manual	Comum	20	2,955	0,613	1,358	3,870
	Tipo III	20	3,846	0,555	2,794	4,789
	Tipo IV	20	3,549	0,415	2,891	4,412
	Tipo V	20	4,044	0,717	2,861	5,528
	Resinoso	20	5,508	0,566	4,641	6,434
A vácuo	Comum	20	3,815	0,704	2,543	4,978
	Tipo III	20	4,870	0,468	3,944	5,832
	Tipo IV	20	4,335	0,874	3,212	5,894
	Tipo V	20	5,397	0,823	3,892	6,869
	Resinoso	20	6,938	0,692	5,645	8,341

O tratamento com a espatulação mecânica em presença do vácuo aumentou os valores médios da resistência à compressão de todos os tipos de gessos testados.

A Figura 7 ilustra os dados apresentados na Tabela 1.

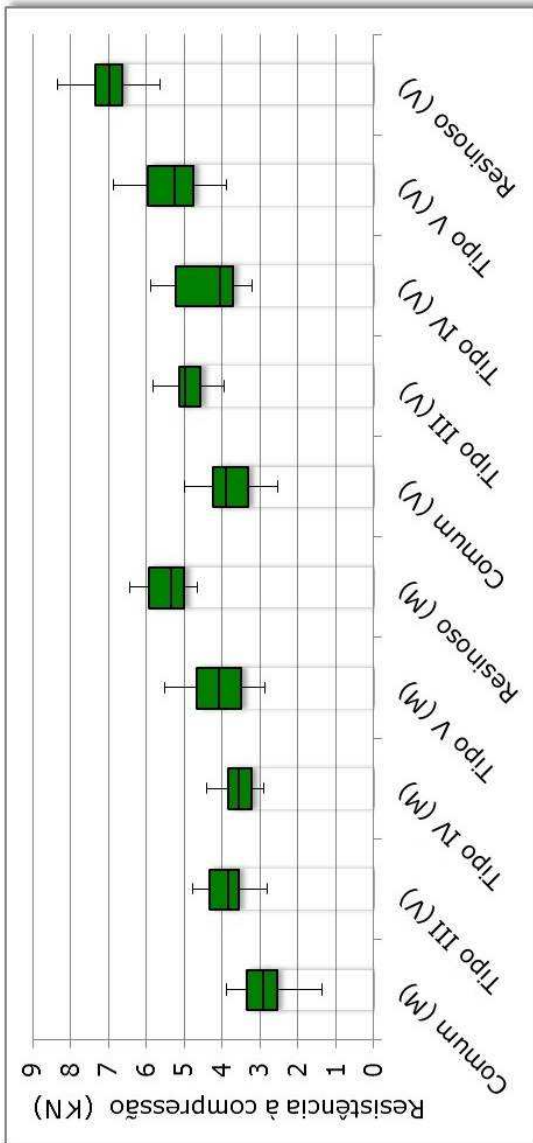


Figura 7: Gráfico de dispersão (Box-plot) mostrando a distribuição dos dados representativos dos grupos.

Observa-se, na Figura 7, a variabilidade no comportamento dos grupos. As “caixas” (Box) representam 50% dos dados observados, as linhas nas extremidades das “caixas” representam o valor estatístico mínimo e máximo, e as linhas que cortam as “caixas” representam a mediana de cada grupo. Portanto, pode-se afirmar que quanto menor a “caixa”, mais concentrados são os dados representativos desse grupo.

As menores médias foram atingidas pelo gesso comum, tanto na espatulação manual quanto a vácuo. Já as maiores médias foram atingidas pelo gesso reforçado por resina espatulado a vácuo, seguido pelo gesso pedra tipo V espatulado a vácuo.

5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para avaliar se existem diferenças estatisticamente significantes na resistência à compressão dos cilindros de gesso foi aplicado o teste Análise de Variância com dois fatores (ANOVA *two-way*). A Tabela 2 apresenta o resultado do teste ANOVA *two-way* para comparação entre os gessos avaliados (comum, pedra, tipo IV, tipo V e resinoso) e as técnicas de espatulação (manual e a vácuo).

Tabela 2: Análise de Variância *two-way* dos valores médios de resistência à compressão dos grupos avaliados, em KN.

Variáveis	S.Q.	G.L.	Q.M.	F	p-valor
Modelo corrigido	246,425	9	27,381	63,313	0,000
Intercepto	4096,600	1	4096,600	9472,660	0,000
Gesso	183,637	4	45,909	106,157	0,000
Manipulação	59,448	1	59,448	137,462	0,000
Gesso*Manipulação	3,341	4	0,835	1,931	0,107
Erro	82,168	190	0,432		
Total	4425,194	200			
Total corrigido	328,594	199			

Somas de quadrados (S.Q.), graus de liberdade (G.L.), quadrados médios (Q.M.), valores de F e valores probabilísticos obtidos (p-valor).

A Análise de Variância mostrou que há diferença estatisticamente significativa entre os gessos ($p < 0,001$) e entre técnicas de manipulação ($p < 0,001$). Além disso, observa-se que não há correlação significativa entre as duas variáveis nominais avaliadas* ($p = 0,107$), ou seja, as variáveis nominais podem ser avaliadas de forma independente. De

acordo com os resultados obtidos na Tabela 2, é necessário utilizar o teste de comparação múltipla (teste Tukey HSD) para identificar onde estão localizadas as diferenças estatísticas. A Tabela 3 apresenta o detalhamento do teste ANOVA para comparação entre os gessos avaliados (comum, tipo III, tipo IV, tipo V e resinoso) e as técnicas de espatulação (manual e a vácuo).

Tabela 3: Médias, desvios-padrão e o detalhamento estatístico pelo teste Tukey HSD.

Gesso	Técnica de espatulação	
	Manual	A vácuo
Comum	2,955±0,613 ^{aA}	3,815±0,704 ^{aB}
Tipo III	3,846±0,555 ^{bA}	4,870±0,468 ^{bcB}
Tipo IV	3,549±0,415 ^{bA}	4,335±0,874 ^{bB}
Tipo V	4,044±0,717 ^{bA}	5,397±0,823 ^{cB}
Resinoso	5,508±0,566 ^{cA}	6,938±0,692 ^{dB}

Médias seguidas por letras MINÚSCULAS sobrescritas iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste Tukey HSD, ao nível de significância de 5%.

Médias seguidas por letras MAIÚSCULAS sobrescritas iguais, nas linhas, não diferem entre si pelo teste Tukey HSD, ao nível de significância de 5%.

Na comparação entre os gessos espatulados manualmente observa-se que os grupos pedra, tipo IV e V apresentam resistência à compressão similar, porém diferem estatisticamente dos gessos comum e resinoso, os quais apresentam menor e maior resistência à compressão respectivamente. Nota-se ainda, por meio das letras minúsculas sobrescritas, que quando o gesso foi espatulado utilizando a técnica a vácuo, o gesso tipo V apresentou resistência à compressão estatisticamente superior ao gesso tipo IV.

Observa-se, por meio das letras maiúsculas, que há diferença estatisticamente significativa entre as técnicas de manipulação para todos os gessos avaliados nesse estudo.

A Figura 8 ilustra os resultados apresentados na Tabela 3.

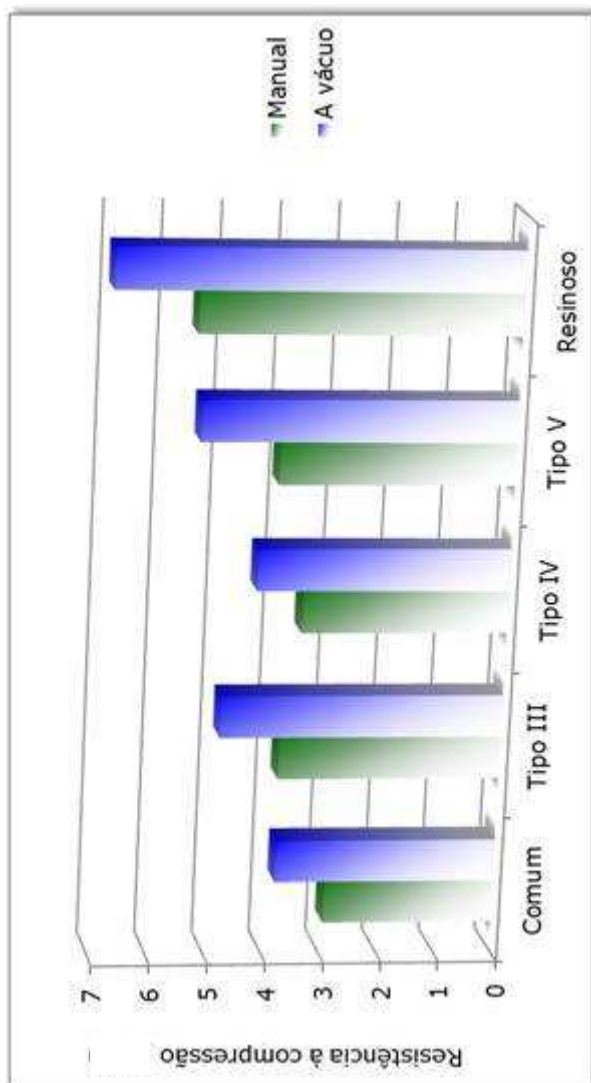


Figura 8: Representação gráfica na forma de barras verticais dos valores médios de resistência à compressão dos cilindros de gesso, em KN.

5.3 COMPARAÇÃO DOS GESSOS

A Tabela 4 apresenta a comparação entre os cinco gessos avaliados, independentemente da técnica de espatulação.

Tabela 4: Tamanho da amostra (N), médias com os respectivos resultados estatísticos, desvios-padrão (DP), valores mínimo e máximo da resistência à compressão dos cilindros de gesso (em KN).

Gesso	N	Médias	DP	Mínimo	Máximo
Comum	40	3,385 ^a	0,784	1,358	4,978
Tipo III	40	4,358 ^b	0,725	2,794	5,832
Tipo IV	40	3,942 ^c	0,784	2,891	5,894
Tipo V	40	4,721 ^b	1,024	2,861	6,869
Resinoso	40	6,224 ^d	0,956	4,641	8,341

Médias seguidas por letras sobrescritas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey HSD, ao nível de significância de 5%.

Observa-se na Tabela 4, por meio das letras sobrescritas, que há diferença estatisticamente significante entre todos os gessos avaliados, exceto entre os gessos pedra e tipo V.

Os resultados da Tabela 4 podem ser visualizados na Figura 9.

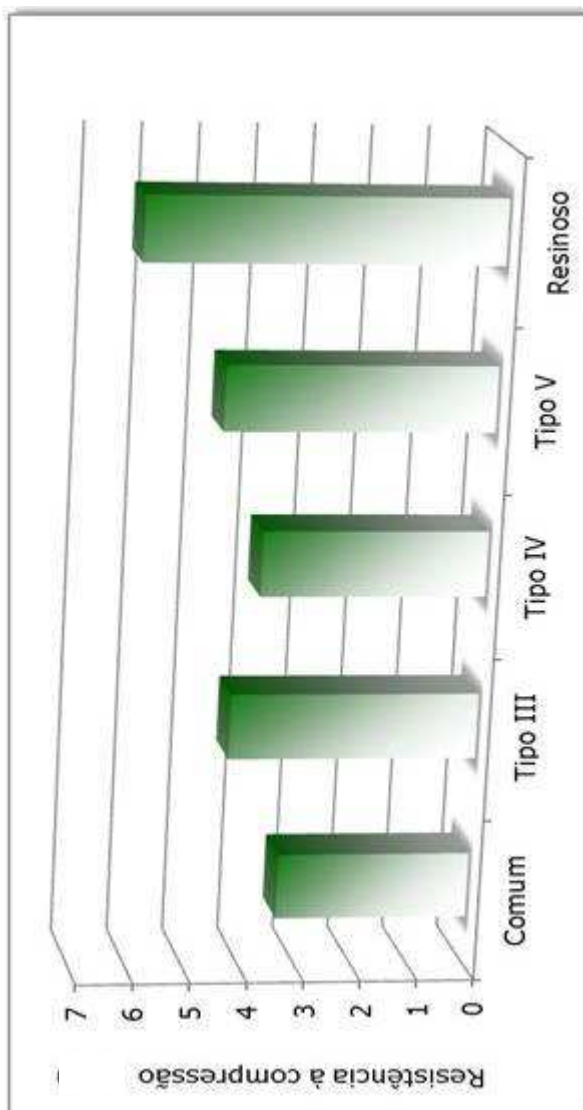


Figura 9: Representação gráfica na forma de barras verticais dos valores médios de resistência à compressão dos cilindros de gesso, em KN, independentemente da técnica de manipulação.

5.4 COMPARAÇÃO DAS TÉCNICAS DE MANIPULAÇÃO

A Tabela 5 apresenta a comparação entre as técnicas de manipulação avaliadas, independentemente do gesso utilizado.

Tabela 5: Tamanho da amostra (N), médias com os respectivos resultados estatísticos, desvios-padrão (DP), valores mínimo e máximo da resistência à compressão dos cilindros de gesso (em KN).

Técnica de Manipulação	N	Médias	DP	Mínimo	Máximo
Manual	100	3,981 ^a	1,025	1,358	6,434
A vácuo	100	5,071 ^b	1,291	2,543	8,341

Médias seguidas por letras sobrescritas iguais não diferem entre si pelo teste Tukey HSD, ao nível de significância de 5%.

Nota-se na Tabela 5, por meio das letras sobrescritas, que quando o tipo de gesso foi desconsiderado, há diferença estatisticamente significativa entre as técnicas de manipulação avaliadas.

Observar que a espatulação a vácuo deixou os padrões de gesso mais resistentes à compressão.

Os resultados da Tabela 5 podem ser visualizados na Figura 10.

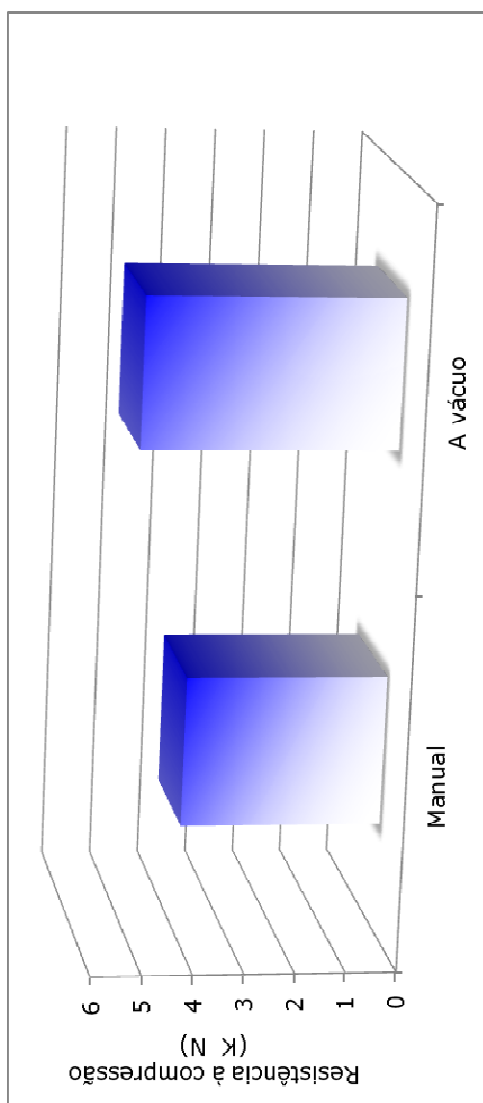


Figura 10: Representação gráfica na forma de barras verticais dos valores médios de resistência à compressão dos cilindros de gesso, em KN, independentemente do tipo de gesso avaliado.

5.5 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA

As análises microscópicas dos gessos foram feitas na área correspondente ao término cervical do modelo, por esta ser uma região que exige importante precisão a fim de garantir a fidelidade dos trabalhos protéticos. Os aumentos foram respectivamente de 25, 300 e 1500 vezes para os gessos manipulados manual ou mecanicamente. Os aumentos foram respectivamente de 25, 300 e 1500 vezes para os gessos manipulados manual ou mecanicamente.

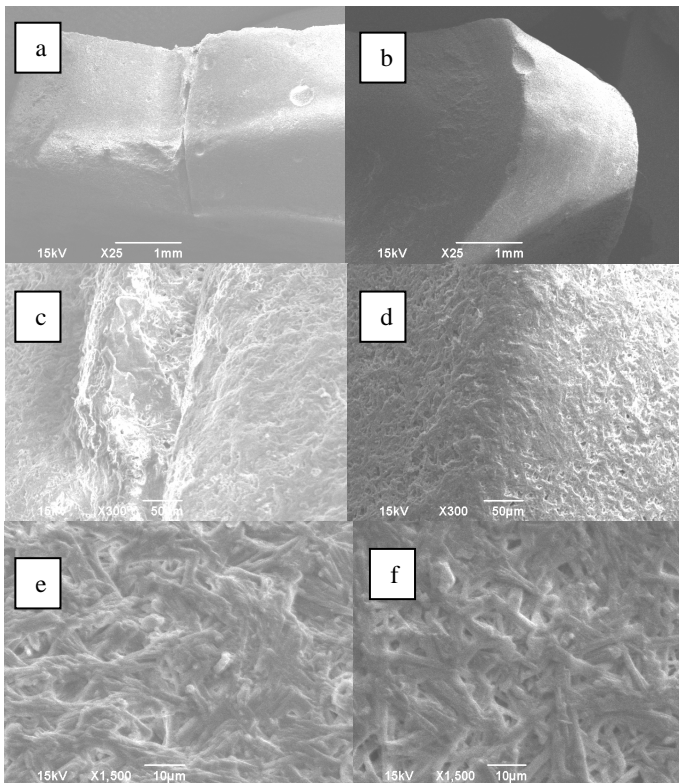


Figura 11: Gesso comum tipo II- Gesso-Rio. As figuras (a), (c), (e) são do gesso manipulado manualmente. As figuras (b), (d), (f) são do gesso manipulado mecanicamente. Podem-se perceber formas mais definidas em (f) do que em (e). Além de uma massa mais homogênea em (d), em relação à (c).

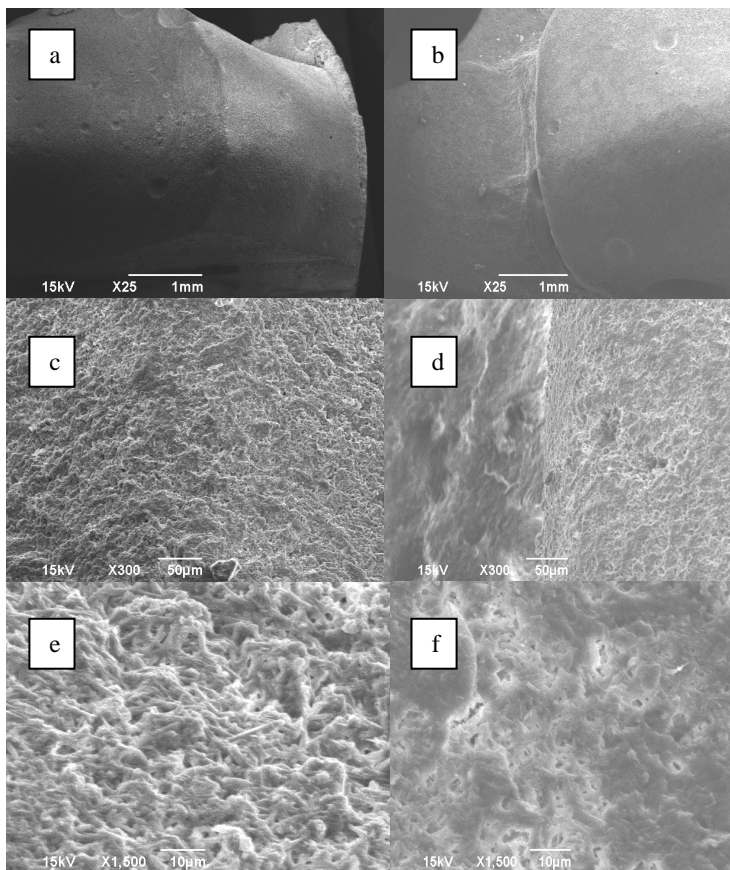


Figura 12: Gesso pedra tipo III- Campeão: As formas manuais (a), (c), (e), apresentam-se menos homogeneizadas e com maior irregularidade dos cristais, quando comparadas às formas espatuladas mecanicamente (b), (d), (f). O término também segue este critério, apresentando maior reprodução de detalhes no preparo mecanizado (b) em relação ao manual (a). Observam-se cristais com formas prismáticas (e), em comparação com formas mais densas (f).

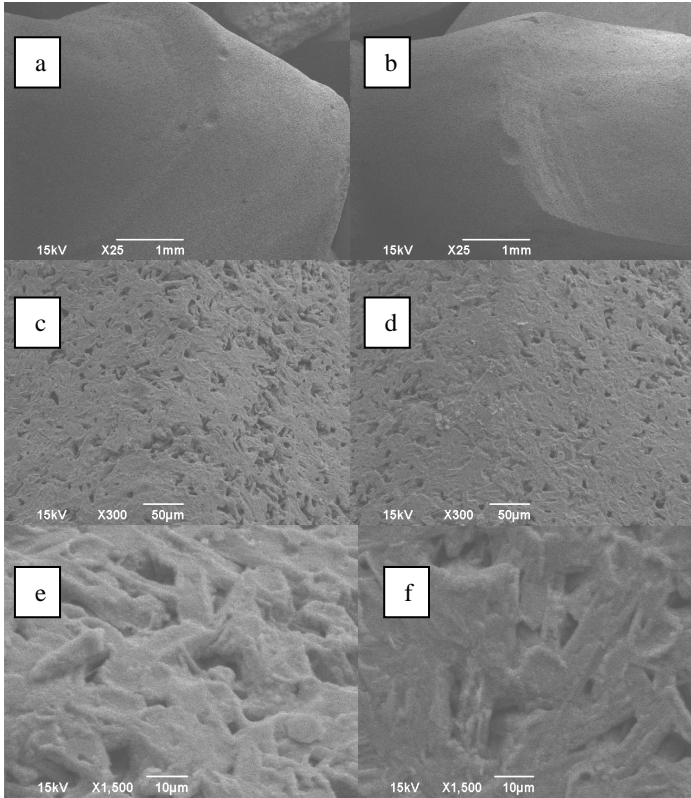


Figura 13: Gesso pedra tipo IV: Durone. As imagens (a), (c) (e), são as manipuladas manualmente. As imagens (b), (d) (f), são as amostras manipuladas a vácuo. Observa-se uma forma mais homogênea na espatulação a vácuo (d), (f), em relação à manual (c), (e). Neste caso, não se pode apropriar vantagens à técnica na reprodução de detalhes.

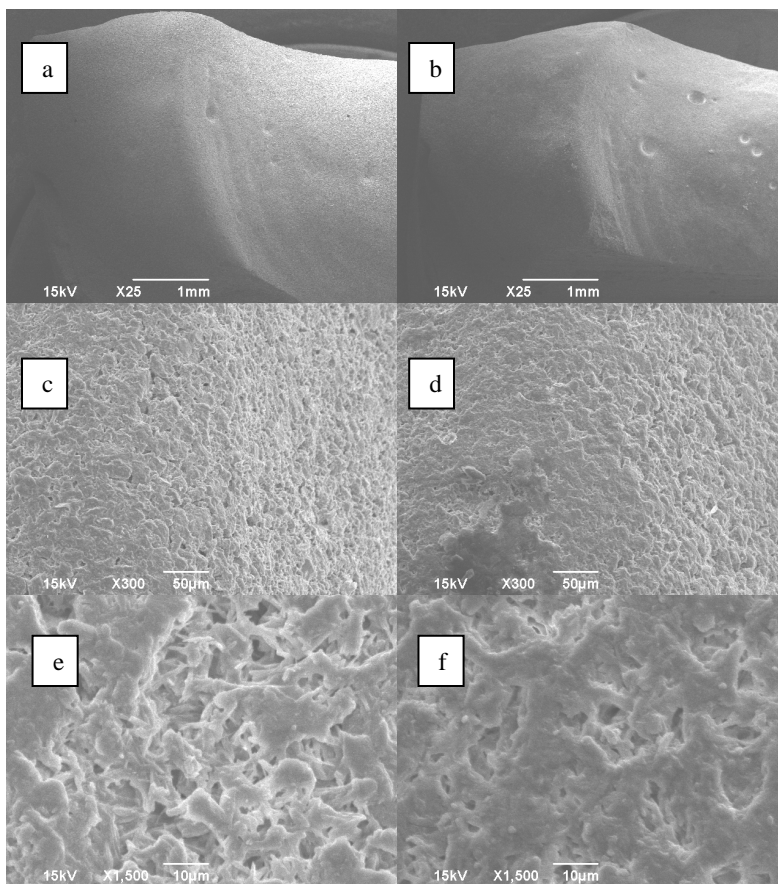


Figura 14: Gesso pedra tipo V: Exadur. Observam-se formas irregulares e homogêneas (e), (f); não é possível observar melhor reprodução de detalhes do termino quanto à espatulação. O que pode ser observado é que as formas espatuladas mecanicamente (d), (f) são mais homogêneas que as manuais (c), (e), o que pode ser correlacionado com os maiores valores de resistência na técnica mecanizada.

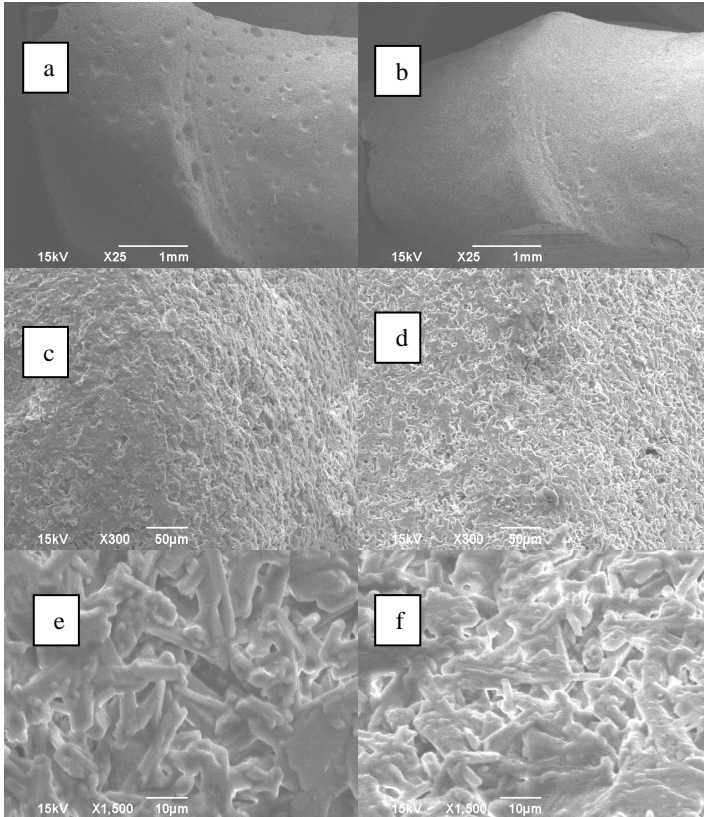


Figura 15: Gesso Reforçado por resina: Resin-Rock. No aumento de 25x, pode-se observar o término cervical do preparo. Observa-se que a espatulação manual (a) deixou o término com inúmeras bolhas e defeitos, bem diferente na espatulação mecânica (b). Pode-se observar uma maior homogeneização na amostra espatulada mecanicamente (f), em relação à manual (e).

6 DISCUSSÃO

Um modelo de trabalho o mais fiel possível à estrutura reproduzida é o que se deseja para se confeccionar um trabalho protético, porém sabe-se que alterações dimensionais são esperadas. (MARTIGNONI; SCHÖNENBERGER, 1998)

Diversos materiais para a confecção desses modelos têm sido estudados e avaliados quanto às suas características (HOLLENBACK E SMITH, 1967; ZANI, 1994; DUKE, 200; PEREIRA *et al.*, 2002; REIS *et al.*, 2004; MOTA; OSHIMA; PIRES, 2006; FIALHO, 2007;), na tentativa de se obter um modelo de trabalho que preencha os requisitos desejados, diminuindo as alterações dimensionais durante a fabricação da prótese.

Segundo HOLLENBACK (1967), existem poucos relatos na literatura sobre a influência da espatulação mecânica ou manual sobre o gesso endurecido. Em nosso estudo, houve maior resistência à compressão para todos os gessos espatulados mecanicamente. Porém, somos conduzidos a concordar com o autor, que afirma que muito ainda se discute sobre as alterações na resistência que podem ser provocadas pela manipulação manual. Seriam necessários mais estudos evidenciando essas diferenças.

Nossos resultados mostraram que a manipulação a vácuo conferiu maior resistência à compressão em relação à espatulação manual para todos os tipos de gesso, o que vai de encontro aos resultados de PEREIRA *et al.* (2002), em que não houve diferença estatística entre as técnicas para o teste de compressão.

A prática de se acrescentar água à mistura até se conseguir a consistência desejada deve ser evitada, assim como orienta a ISO, 1998, pois isto provoca alteração na reação de presa, causando diminuição da resistência, ocorrendo uma maior expansão higroscópica do gesso, o que provoca distorção no modelo final e pode ser apontado como uma das principais causas de falta de precisão no uso dos produtos do gesso.

Nossos resultados foram muito semelhantes ao de ALVES *et al.* (2011), que encontraram os melhores resultados de resistência para o gesso pedra tipo IV, em média 29,52 MPa, em relação aos tipos II e III, em média 10,82 e 21,58 MPa, respectivamente, sem haver diferença estatística significativa entre os gessos tipo III e tipo IV. Em nossa pesquisa, o gesso pedra tipo III obteve maiores valores de resistência, em ambas as técnicas, em relação ao gesso pedra tipo IV, porém também não foram significativos estatisticamente.

Nos resultados do teste de compressão de CASTILHO *et al.* (2007), não houve influência dos métodos de tratamento para o gesso tipo III, enquanto que para o gesso tipo IV, a forma de tratamento das amostras foi significativo estatisticamente. Em nossos resultados, porém, o método de aglutinação teve diferença para todos os gessos. Entre os padrões espatulados manualmente, observa-se que os grupos pedra tipo III, pedra tipo IV e pedra tipo V apresentam resistência à compressão similar, porém diferindo estatisticamente dos gessos comum e resinoso, os quais apresentam menor e maior resistência à compressão respectivamente. Nota-se ainda, que quando o gesso foi espatulado utilizando a técnica com vácuo, o gesso tipo V apresentou resistência à compressão estatisticamente superior ao gesso tipo IV.

O critério de seleção de determinado tipo de gesso depende de suas propriedades físicas. Por exemplo, se é necessário um modelo resistente, não é correto utilizar-se de gesso comum (tipo II), pois ele não tem resistência suficiente para várias indicações. (SANTOS JR. *et al.*, 2001). Em nossa pesquisa, os menores valores de resistência foram os do gesso tipo II: em média 2,955 KN para espatulação manual e, em média, 3,815 KN, para a espatulação a vácuo, muito diferente do gesso reforçado por resina, que apresentou, em média, para a espatulação manual e a vácuo, respectivamente, 5,508 KN e 6,938 KN.

De acordo com SHILLINGBURG *et al.* (1998), o troquel e o modelo devem ter superfícies suficientemente duras para não sofrer abrasão e, deste modo, recomendam usar o gesso-pedra extra-duro (tipo IV) ou extra-duro com alta expansibilidade (tipo V) para confecção do troquel. Esta superioridade de resistência do gesso tipo V manteve-se em nossa pesquisa, em média 4,721 KN, contudo, o gesso tipo III apresentou valores superiores ao tipo IV, em média 4,358 KN e 3,942 KN, respectivamente. No entanto, não foram significativos estatisticamente, podendo ser resultado da soma de pequenos erros na técnica.

A resistência do gesso é inversamente proporcional à relação água/pó, assim é importante manter a quantidade de água o mais baixo possível. Deve-se usar a relação água pó sugerida pelo fabricante como guia. O pó deve ser pesado e a água medida por pipetas graduadas. Devem-se evitar técnicas de adivinhação da quantidade de água necessária para a mistura, nas quais a água é adicionada repetidamente para alcançar uma consistência adequada, porque ela diminui a resistência e pode causar distorções, uma das principais causas da falta

de precisão no uso de produtos de gipsita, orientações que seguimos em nossa pesquisa. (PHILLIPS; SKINNER, 1962)

Conforme PEREIRA, T. *et al.* (2002), o uso de um vibrador automático com frequência alta e amplitude baixa ajuda a diminuir a inclusão de bolhas de ar, as quais deixam a mistura porosa diminuindo a resistência e deixando uma superfície sem precisão. Os resultados de resistência do nosso estudo foram superiores nas amostras aglutinadas com o auxílio de um vibrador mecânico e concomitante com o espátulador á vácuo, que compunham a espatulação mecânica.

O tamanho e a forma dos cristais variam de acordo com a composição do gesso. Conforme figura 16.

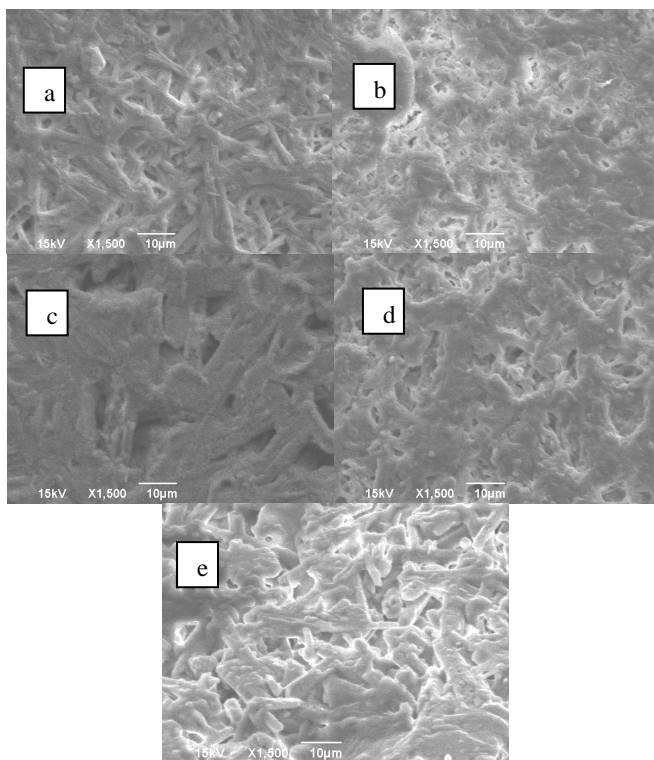


Figura 16: MEV (aumento de 1.500x espátulação mecânica). a) gesso comum: cristais maiores, com formas prismáticas; b) gesso pedra tipo III: formas prismáticas e irregulares, mais densas; c) gesso pedra tipo IV: cristais intermediários, formas irregulares e compactas; d) gesso pedra tipo V: formas irregulares e compactas; e) gesso resinoso: cristais menores com formas prismáticas e cubóides;

Segundo SKINNER; PHILLIPS (1962), dependendo do método de calcinação formam-se produtos alfa ou beta, caracterizando diferentes formas de cristais. A forma beta é conhecida como gesso comum, cujos cristais são largos e irregulares, caracterizados por formas esponjosas. Enquanto que a forma alfa é constituída de pequenas partículas cilíndricas regulares, são mais densas, caracterizando o gesso pedra. A razão para isso é que o alfa-hidratado requer menos água que o beta-hidratado. Podemos observar ao microscópio, figura 17, que realizamos para este tipo de gesso, semelhança aos descritos pelos autores.

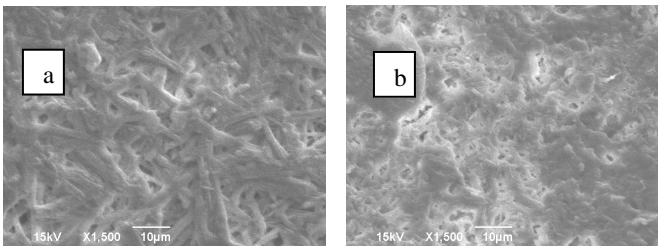


Figura 17: MEV- (Figura a) gesso comum- forma beta. Podem-se observar cristais largos e irregulares.(Figura b) gesso pedra- forma alfa. Podem-se observar cristais mais densos.

A análise microscópica foi realizada em região de término cervical. Podem-se comparar as diferenças quanto à técnica de spatulação, conforme as figuras 18A e 18 B.

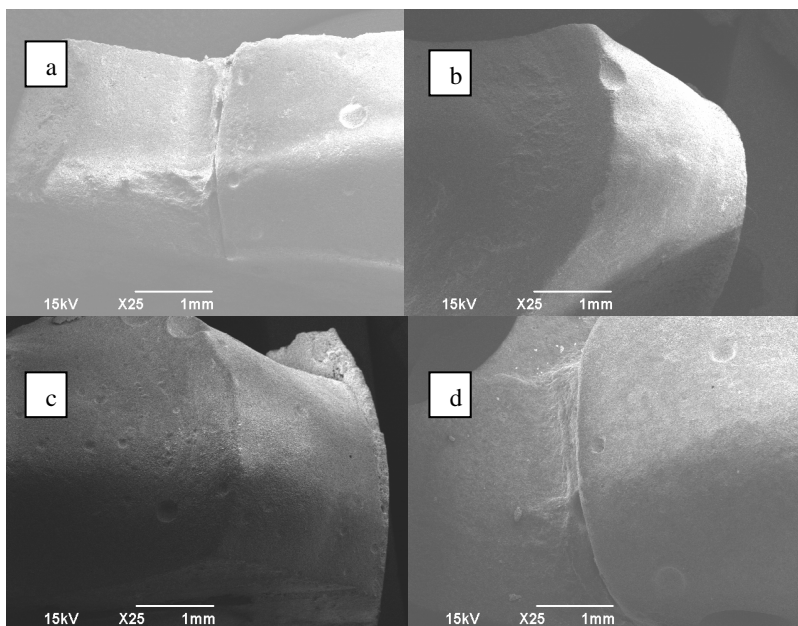
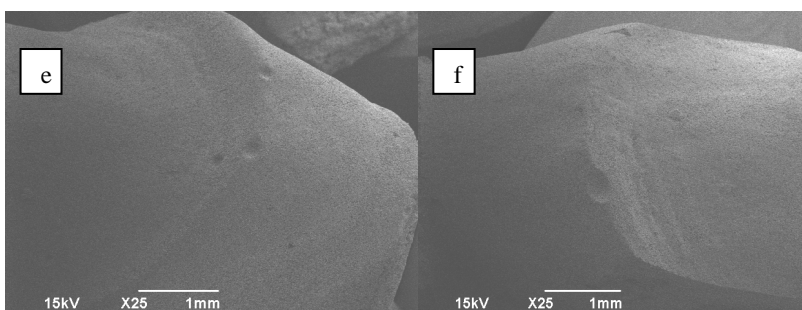


Figura 18A: As imagens (a) e (c) representam as formas homogeneizadas manualmente, enquanto as imagens (b) e (d) as formas homogeneizadas mecanicamente. Sendo (a) e (b) gesso comum; (c) e (d) gesso pedra tipo III. Pode-se observar que houve maior formação de bolhas e defeitos na região do término nas formas espatuladas manualmente.



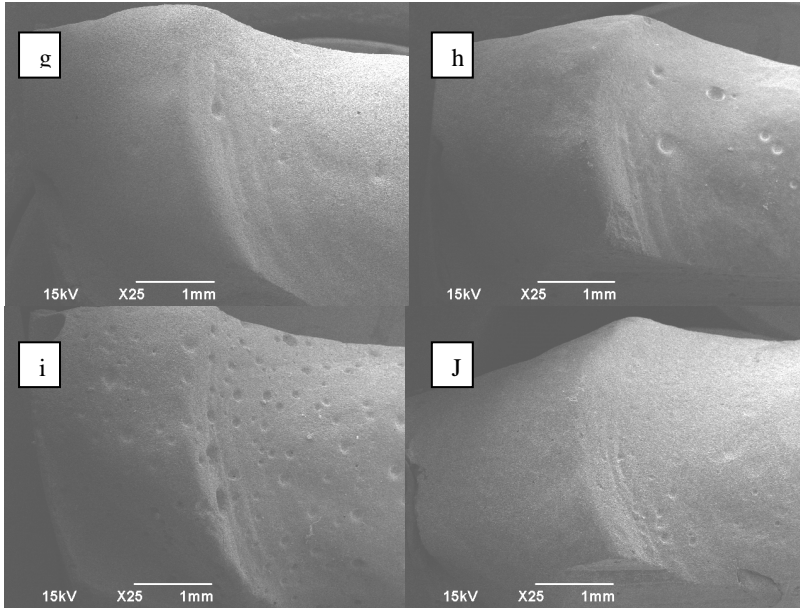


Figura 18B: As imagens (e), (g) e (i) representam as formas homogeneizadas manualmente, enquanto as imagens (f), (h) e (j) as formas homogeneizadas mecanicamente. Sendo (e), (f) gesso tipo IV; (g), (h) gesso tipo V; (i) e (j) gesso resinoso. Pode-se observar que houve maior formação de bolhas e defeitos na região do término nas formas espatuladas manualmente. A melhor precisão de término corresponde ao gesso resinoso espatulado mecanicamente, imagem “j”.

7 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, e a subsequente análise estatística a que foram submetidos, as seguintes conclusões parecem ser oportunas:

1. Houve diferenças estatisticamente significativas entre os diferentes tipos de gesso, sendo o resinoso o mais resistente, seguido pelos gessos tipo III e tipo IV, que foram similares entre si. O gesso tipo IV apresentou resistência inferior aos gessos tipo III e tipo IV e superior ao tipo II (comum), que apresentou a menor resistência à compressão, estatisticamente significativa em relação aos demais.
2. A técnica mecanizada de espatulação a vácuo aumentou os valores médios de resistência à compressão de todos os tipos de gesso.
3. A análise microscópica reforçou que o tratamento com a espatulação mecânica em presença de vácuo mostra uma superfície mais homogênea, com menor formação de bolhas.

REFERÊNCIAS

ADA Council on Scientific Affairs. **ANSI/ADA Specification n.25**, an adaption of ISO Standard 6873: for Dental Gypsum Products; 1998.

ALVES, P. C. M.; ABREU, P. H.; FREITAS, C. A.; ABREU, K. C. S.; SADER, L. T. Resistência à compressão e à tração diametral de três tipos de gessos odontológicos; 2011. Disponível em: <<http://www.unipos.com.br/artigos2.asp?id=18&resistencia-a-compressao-e-a-tracao-diametral-de-tres-tipos-de-gessos-odontologicos>>. Acesso em: 8 ago. 2012.

AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Specification n. 25 for dental gypsum products. In: *Certification program for dental materials*. Chicago: American Dental Associaton, p. 1-14, 1989.

ANUSAVICE, K. J. **Phillips materiais dentários**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1998.

_____, **Phillips materiais dentários**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

CASEMIRO, L. A.; HAMIDA, H. M.; PANZERI, H.; PIRES-DE-SOUZA; F. C.. Materiais para moldagem: avaliação dos tempos de presa, das resistências à tração e compressão das partículas (MEV). **Rev. Odonto. Ciên.**, Porto Alegre, n. 53, p.207-211, jul./set., 2006.

CASTILHO, A. A.; COSTA, C. B.; KIMPARA, E. T.; PAES-JÚNIOR; T. J. A.; TANGO, R. N.; SAAVEDRA; . S. F. A.; FREIRE; A. R. L..

Efeito da técnica de aglutinação e da relação água/pó na resistência à compressão de gessos odontológicos. **RFO**, Ribeirão Preto, p.32-36, maio/ago., 2007.

CRAIG, R.G., POWERS, J.M., WATAHA, J.C. **Materiais dentários – Propriedades e manipulação**. 7a ed., São Paulo, Santos, 2002.

DARVELL, B. W.. **Gypsum materials - Materials science for dentistry**. Hong Kong, 6.ed, p. 34-52, 2000.

DUKE, P.; MOORE B. K.; HAUG S. P., ANDRES C. J.. Study of the physical properties of type IV gypsum, resin-containing, and epoxy die materials. **J. Prosthet. Dent.**, v. 83, n. 4, Indianápolis, p. 466-473, Apr., 2000.

FAIRHURST, C. W. Compressive properties of dental gypsum. **Jour. Dent. Res.**, Milwaukee, p. 812-824. 10 dez., 1959.

FARINA, A. P.; FESTUCCIA; M. S. C. C.; NANTES; B. S.; GARCIA, L. F. R.; BEZZON; O. L.; PIRES-DE-SOUZA; F. C. P.. Avaliação e comparação de propriedades físicas e mecânicas de gessos comerciais e experimentais. **Rev. Clín. Pesq. Odonto.**, Ribeirão Preto, n. , p.255-261, set./dez., 2009.

FERRACANE, J. L. Materials for inlays, onlays, crowns and bridges. **Materials in dentistry. Principles and applications**. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, p. 156-163, 1995.

FERREIRA, A. R.; NAGEM FILHO, H.; PINTO, J. H. N.. **Determinação da magnitude de expansão de alguns tipos de gesso**. Bauru, n.4, p.29-39, fev., 2000.

FIALHO, W. L. S. Avaliação comparativa da alteração dimensional de diferentes materiais utilizados para a confecção de troquéis. Rio de Janeiro: UERJ, 2007.

FIGUEIREDO, A. R.; BOTTINO, M.A.; ROCHA, C.A. Discrepâncias de assentamento ocorrida em coroas totais metálicas, com e sem alívio interno, variando-se os términos cervicais e os agentes cimentantes. **Rev. Odontol. UNESP**, São Paulo, n.27, p. 567-581, 1998.

HOLLENBACK, G. M.; SMITH, D. D. A further investigation of the physical properties of hard gypsums. **J. Calif. Dent. Assoc.** Los Angeles, p. 43-47. 1967.

International Organization for Standardization.
Dental Gypsums – compressive strength # 6873: 1998 (E) Geneve, ISO, 1998.

KAHN, H. **Microscopia eletrônica de varredura**. Disponível em: <http://www.angelfire.com/crazy3/qfl2308/1_multipart_xF8FF_4_MEV_PMI-2201.pdf>. Acesso em: 17 jun., 2012.

LAUTENSCHLAGER, E. P.; CORBIN, F. Investigation on the expansion of dental stone. **J. Dent. Res.**, Chicago, p. 206-210. mar/abr, 1969.

LINDQUIST, T. J., STANFORD, C. M. , KNOX, E. Influence of surface hardener on gypsum abrasion resistance and water sorption. **J. Prost. Dent.**, Iowa City, n.4 , p.441-446, nov., 1953.

MALUF, A. L. A.; TANGO, R. N.; KIMPORA, E. T.; SILVA; L. H.; PEREIRA; P. C. Estudo da resistência à compressão do gesso odontológico tipo III e IV utilizando água gessada como modificador. **RFO**, São José Dos Campos, p. 44-50, maio/ago., 2009.

MARTIGNONI, M.; SCHÖNENBERGER, A. **Precisão em prótese fixa: aspectos clínicos e laboratoriais**. São Paulo: Santos, 1998.

MAZZETO, M. O.; MAIA CAMPOS, G.; ROSELINO, R. B. Avaliação da rugosidade média (Ra) da superfície de modelos de gesso-pedra, obtidos de moldes de alginatos manipulados por 2 processos: espatulação manual e espatulação mecânica à vácuo. **Rev. Fac. Odontol. São Paulo**, v.4, n.3, p.228-33, jul./ set., 1990.

MOTTA, E. G.; OSHIMA, H. M. S.; PIRES, L. A. G. Comparação da resistência à tração diametral de gessos tipo IV mineral e reforçado por resina. **Rev. Fac. Odontol. - UPF**, Passo Fundo, p.61-64, jan./jul., 2006.

MOTTA, R. G.; SEIXAS, J. E.; MONTEIRO NETTO, J.; COUTO, M. P. Aplicação ergonômica dos materiais de moldagem frente à dentística e a protodontia. I. Gessos-elastômeros. **Odont. Mod.**, v. 13, n. 5, p. 43-51, jun., 1991.

O' BRIEN, W. J.; RYGE, G. **Materiais dentários**. Rio de Janeiro, Interamericana, 1981.

PALMIERI, J. A.; KIMPARA, E. T.; BORGES, A. L. S.; PAES-JÚNIOR; J. A.; SAAVEDRA; G. F. S. A. **Estudo da alteração dimensional nos gessos odontológicos Tipo III e IV espatulados com água gessada**. Disponível em: <www.prope.unesp.br/xxi_cic/27_37997006842.pdf>. Acesso em: 15 jun., 2011.

PEREIRA, T.; SANTOS JÚNIOR, G. C.; RUBO, J. H.; FERREIRA, P. M.; VALLE, A. L. Gesso Tipo IV: Influência das técnicas de manipulação. **Rev. Fac. Odontol. Bauru**, Bauru, p.150-155, 3 out., 2002.

PHILLIPS, R. W. **Skinner materiais dentários**, 8. ed. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1986.

_____. **Skinner materiais dentários**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

PIRES, H. C. Avaliação da influência da temperatura da água de manipulação sobre o tempo de presa dos gessos. **Rev. Fac. Odonto. Lins.**, v.15, n.2, p.33-6, jul./dez., 2003.

REIS, R. S. A; TEIXEIRA, H. G. C.; PRADO, R.; MIASATO, J. M.. Resistência à compressão de gesso tipo IV e V: análise em duas idades. **RGO**, Rio de Janeiro, n.2, p.122-123, abr./jun., 2004.

SANTOS JÚNIOR, G. C.; BASTOS, L. G. C.; RUBO, J. H. Avaliação das propriedades físico-mecânicas de um gesso tipo IV submetido a métodos de desinfecção. Parte II – rugosidade superficial e estabilidade dimensional. **Ciên. Odonto. Bras.**, Bauru, n.5, p.32-35, jan./mar., 2001.

SCOZ, M. R. **Cuidados essenciais com os gessos odontológicos**. Florianópolis: UFSC, 1999.

SILVA, Marcos Aurélio Bomfim da. **Propriedades físicas de gessos odontológicos tipo IV desidratados em temperatura ambiente e forno microondas**. Piracicaba: Unicamp, 2011.

SHILLINGBURG, Hebert T.; HOBBO, S.; WHITSETT; L. D. **Fundamentos de prótese fixa**. 3. ed. São Paulo: Quintessence, 1998.

SKINNER, E. W.; PHILLIPS, R.W. **A ciência dos materiais odontológicos**. São Paulo: Atheneu, 1962.

SOUZA, F. P. **Manual de materiais dentários**. São Paulo: USP, 2006.

STOLF, D. P.; ZANI, I. M.; SOARES, C. R.; VOLPATO, C. A. M.; STOETERAU, R. L. Textura da superfície de gessos especiais e reforçados. **Rev. Ibe. Pró. Clín. Lab.**, Florianópolis, p.297-305, jun., 2004.

VOLPATO, C. A. M. **Análise dimensional de modelos de trabalho para a construção de próteses implanto suportadas, obtidos através de diferentes materiais de vazamento**. Florianópolis: UFSC, 2001.

ZANI, I. M. **Estudo comparativo de materiais para modelos analisando o comportamento dimensional e a capacidade de reprodução de detalhes em função de técnicas de vazamento**. São Paulo: USP, 1994.