

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

JULITA DE CAMPOS PIPOLO

CIRURGIÁ-DENTISTA

INFLUÊNCIA DE MÉTODOS ENDURECEDORES SOBRE ALGUMAS PROPRIEDADES
FÍSICAS E NA FORMAÇÃO CRISTALINA DOS GESSOS TIPO IV

Orientador: Prof. Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE†

Tese apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba
da Universidade Estadual de
Campinas, para obtenção do
Título de Mestre em Ciências
- Área Materiais Dentários.

PIRACICABA - SP

1992

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

*Este exemplar
foi doado
arquivado conforme
CPQ 036/83
Piracicaba, 23 de dezembro de 1992
Luiz Antonio Ruhnke*

Aos meus pais, ANTONIO PIPOLO e MARIA LIGIA,
meus irmãos(ãs), cunhados(as) e sobrinhos(as),
pela motivação, compreensão e amor.

Ao Prof. Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE,
pelo apoio, compreensão e amizade.

Ao Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI,
pela simpatia e atenção.

DEDICO

AGRADECIMENTOS ESPECIAIS

Ao Prof. Dr. LUIZ ANTONIO RUHNKE, do Curso de Pós-Graduação em Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela orientação deste trabalho;

Ao Prof. Dr. SIMONIDES CONSANI, do Curso de Pós-Graduação em Materiais Dentários da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela co-orientação deste trabalho;

À Profa. Dra. MARINÉIA DE LARA HADDAD, do departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ-USP, pela análise e orientação estatística.

O MEU AGRADECIMENTO

A G R A D E C I M E N T O S

Ao Departamento e Coordenadoria do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Pós-Graduação;

Aos Profs. FERNANDO LYRA MARTINS e FRANCIMA DIAS BEZERRA, da disciplina de Materiais Dentários do Curso de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, pela amizade, incentivo e formação acadêmica;

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (PICD-CAFES), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. RENATO ROBERTO BIRAL, Diretor, e ao Prof. Dr. OSVALDO DI HIPÓLITO JÚNIOR, Diretor Associado da Faculdade de Odontologia de Piracicaba - UNICAMP;

Ao Prof. Dr. WOLNEY LUIZ STOLF, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Materiais Dentários;

Ao Prof. Dr. MÁRIO FERNANDO DE GÓES, pela grande contribuição à nossa formação científica;

Aos funcionários ADARIO CANGIANI, PEDRO SÉRGIO JUSTINO, SELMA APARECIDA B. DE SOUZA e MARIA GENI FORTI, pela orientação no laboratório, produção de fotografias, confecção de material didático e pela amizade;

À KERR, DENTSPLY e HERODENT, pelo fornecimento de gesso utilizado neste trabalho;

Aos Profs. OVÍDIO RICHARD CRNKOVIC e JOÃO MANOEL DOMINGOS DE ALMEIDA ROLLO, da Faculdade de Engenharia de São Carlos - USP, pela cessão de equipamento e instalações para os ensaios de abrasão;

Aos funcionários ELIEZER FRANCISCO, HERIVELTO MOREIRA DOS SANTOS e JOSÉ SILVANO CERQUEIRA LIMA, da Faculdade de Engenharia de São Carlos - USP, pela orientação na execução dos ensaios de abrasão;

Ao Prof. JOSÉ NIVALDO GARCIA, do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz - ESALQ-USP, pela orientação e cessão de equipamento e instalações para os ensaios de compressão;

À Sra. SUELI DUARTE DE OLIVEIRA SOLIANI, bibliotecária da Faculdade de Odontologia de Piracicaba-UNICAMP, pela orientação nas referências bibliográficas;

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação, pelo convívio e amizade durante o transcorrer do curso;

A todos que auxiliaram na elaboração deste trabalho.

MUITO OBRIGADA

S U M Á R I O

1 - INTRODUÇÃO.	02
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	07
3 - PROPOSIÇÃO.	26
4 - MATERIAIS E MÉTODO.	28
5 - RESULTADOS.	47
6 - DISCUSSÃO	73
7 - CONCLUSÃO	81
8 - RESUMO.	84
9 - "SUMMARY"	87
10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	90
11 - APÊNDICE.	95

1 - INTRODUÇÃO

1 - INTRODUÇÃO

O gesso pedra Tipo IV é bastante utilizado na prática odontológica, tanto em laboratório como na rotina diária da clínica. O principal emprego desse produto é na confecção de modelos e troquéis, os quais usualmente reproduzem a estrutura anatômica de estudo ou um preparo para confeccionar coroas ou restaurações metálicas fundidas. A técnica do uso de troquéis permite reproduzir em cera a anatomia dentária perdida, usando instrumento cortante adequado para esculpir. Assim, os troquéis odontológicos são frequentemente raspados acidentalmente durante a confecção do padrão de cera, fato que poderia alterar as suas características dimensionais. No entender de PHILLIPS¹⁵, a principal desvantagem do troquel de gesso Tipo IV é sua suscetibilidade à abrasão, durante a escultura do padrão de cera.

Portanto, o material para confecção de troquel deveria apresentar resistência à abrasão, estabilidade dimensional, reprodução de detalhes, compatibilidade com o material de moldagem e tempo de presa favorável.

Por esta razão, EAMES, EDWARDS e BUCK⁶ pesquisaram vários materiais que pudessem substituir o gesso neste intento, verificando que os troquéis metalizados pela prata apresentavam melhor resistência à abrasão, seguidos dos de resina epóxica e das amostras de cimento de cianoacrilato. Entretanto, TORESKOG, PHILLIPS e SCHNELL²⁰ também pesquisando vários produtos, observaram que nenhum material demonstrou ser superior em todas as pro-

priedades estudadas. Assim, o gesso pedra apresentou baixa resistência à abrasão, enquanto o cimento de silicofosfato, resina epóxica, material cerâmico e os troquéis metalizados, quando não apresentavam alterações dimensionais, mostravam incompatibilidade com o material para impressão à base de borracha. FUSAYAMA⁸ estudando as alterações dimensionais apresentadas pelos materiais de modelo: gessos, cimento de silicofosfato, cimento de fosfato de zinco, amálgama de cobre e amálgama de prata, sob a influência dos materiais de moldagem godiva e hidrocolóide irreversível (alginato) concluiu que os gessos odontológicos exibiram melhor estabilidade dimensional.

Realmente, esses estudos têm mostrado que os materiais utilizados na tentativa de substituir o gesso na confecção de troquéis também apresentavam inconvenientes, como as resinas acrílica, poliestirênica e epóxica que também apresentam incompatibilidade com os materiais de moldagem. Além disso, as resinas acrílica e poliestirênica apresentam uma elevada contração. Os troquéis metalizados além da alteração dimensional ser bastante crítica, podem apresentar distorção inerente ao processo de metalização. Também os materiais amálgama, godiva e cimento de silicofosfato, entre outros, não reuniram propriedades suficientes para serem escolhidos como o material ideal.

Assim, apesar da baixa resistência à abrasão inerente aos produtos de gesso, o material de escolha para construção de troquéis ainda tem sido o gesso Tipo IV, o qual reúne maior número de propriedades desejáveis.

Portanto, o objetivo dos pesquisadores sempre foi encontrar uma maneira de aumentar a resistência à abrasão do gesso, conseqüentemente, elevar os níveis de dureza e de resistência à compressão, mantendo a alteração dimensional dentro de limites práticos, sem significação estatística.

No entender de CRAIG, O'BRIEN e POWERS⁴, a forma mais óbvia para melhorar a resistência dos gessos odontológicos seria reduzir a quantidade de água da proporção estimada pelos fabricantes, sabendo-se que para efetuar a reação química, uma quantidade de 18,61 ml de água destilada transformaria 100 g de sulfato de cálcio hemi-hidratado em sulfato de cálcio di-hidratado, quantidade consideravelmente menor que a requerida na prática para manipular o material.

Assim, quanto maior for o excesso de água utilizado na mistura além dos 18,61 ml necessários, maior será a formação de porosidade, pois o excesso de água não entra na combinação química e evapora, deixando, posteriormente, vazios na massa do material. Entretanto, reduzindo a quantidade de água da mistura promove-se uma expansão de presa relativamente alta, que também não é desejável.

Nesse sentido, LAUTENSCHLAGER e CORBIN¹¹ verificaram que misturas mais espessas de gesso pedra sofrem maior expansão do que misturas menos espessas, pois nas misturas mais espessas ocorrem maior taxa de colisão dos cristais, o que provocaria maior formação de microporos. Eventualmente, a evaporação do excesso de água nas relações água/pó maiores, explicaria a porosidade total maior do que aquela para misturas mais espessas.

Entretanto, como a interferência direta na proporção água/pó torna-se crítica quanto à porosidade, algumas técnicas têm sido utilizadas com o objetivo de aumentar a resistência do material. Autores como SUFFERT e PESSOA¹⁸ estudaram a resistência à abrasão de troquéis de gesso, sob influência da imersão em óleo mineral, concluindo que o método empregado aumentou a resistência à abrasão dos gessos ensaiados, enquanto GOMES⁹, SCHNEIDER e TAYLOR¹⁷ utilizaram a solução endurecedora "Gypsum Hardener" constatando que este substitutivo de água de mistura permitiu maior resistência à abrasão do que a água destilada.

Sendo assim, decidimos investigar a influência de métodos endurecedores sobre algumas propriedades físicas e na formação cristalina dos gessos Tipo IV.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com base na bibliografia pesquisada, chamamos a atenção para os trabalhos que seguem:

SWEENEY & TAYLOR¹³, em 1950, apresentaram um método para determinar as alterações dimensionais dos produtos de gesso usados na Odontologia. Assim, o método desenvolvido pelos autores consistia em medir a alteração dimensional por meio de três esferas metálicas, encaixadas em uma das extremidades das amostras, determinando um plano de referência. Outra esfera era colocada na outra extremidade para determinar um ponto de referência. Assim, a alteração dimensional foi determinada pela observação das diferenças nas dimensões desenvolvidas entre plano e ponto. Estas medidas podem ser feitas por quaisquer das várias técnicas de medição de comprimento. Os autores concluíram que este método fornece um meio para determinar a alteração dimensional que ocorre nos produtos de gesso com grande sensibilidade, permitindo o uso de uma variedade maior de tratamentos e evitando falhas inerentes a métodos usados para o mesmo fim.

PEYTON, LEIBOLD e RIDGLEY¹⁴, em 1952, investigaram as propriedades: dureza, resistência à compressão e resistência à abrasão de vários tipos de gesso, quando sujeitos a tratamentos especiais de imersão em óleo ou água por diferentes períodos de tempo. O teste de dureza foi desenvolvido através de penetrômetro Rockwell enquanto a determinação da força de compressão foi condu

zida numa máquina de ensaio (Tinius Olsen). O teste de resistência à abrasão foi obtido através de uma máquina com disco de rotação, onde foram usadas lixas de papel, sob diversas cargas. Os autores concluíram que os gessos pedra apresentaram valores de dureza semelhantes, o que também ocorreu com os gessos pedra melhorados, entretanto, estes últimos foram apreciavelmente mais duros que os gessos pedra. Os gessos pedra melhorados atingiram durezas máximas em três dias, tempo mais curto do que para os gessos pedra. Verificaram que a imersão em óleo e em água não melhorou a dureza dos gessos. A centrifugação aumentou a dureza para períodos precoces após a presa, mas não influenciou os valores após longo tempo. Quanto ao teste de resistência à compressão, os autores concluíram que a resistência seca foi maior do que a úmida. Os tratamentos de imersão em óleo e água diminuíram a resistência à compressão dos gessos. Para o teste de resistência à abrasão, verificaram que os gessos pedra melhorados foram mais resistentes do que os gessos pedra, assim como a perda de peso devido a abrasão diminuiu com a passagem do tempo até uma semana. Os tratamentos de óleo não melhoraram a resistência à abrasão dos gessos. Finalmente, as perdas da abrasão aumentaram de forma linear conforme a carga foi aumentada na amostra.

FUSAYAMA⁹, em 1956, estudou a alteração dimensional de materiais para modelos sob influência de variadas condições clínicas, assim como a dureza do modelo de gesso imerso nos meios separadores. Foram usados godiva e hidrocolóides irreversíveis (alginate) como materiais para impressões; gessos, cimento de silicofosfato, cimento de fosfato de zinco, amálgama de cobre e amálga-

ma de prata, como materiais para modelos; e, água, glicerina e petrolatum como meios separadores. As alterações dimensionais foram medidas através de aparelhos especiais desenvolvidos pelo autor no qual foi feito uma comparação das dimensões dos modelos com as dos padrões originais. As medidas de dureza foram obtidas pelo teste de dureza Brinell. O autor concluiu que dos materiais para modelos, os gessos exibiram maior estabilidade dimensional sob influência de ambos os materiais para impressões. Quanto a dureza tipo Brinell, os modelos de gesso apresentaram a menor dureza e o petrolatum foi o melhor meio separador dos três métodos testados.

ÖSTLUND¹³, em 1959, sugeriu medir abrasão através de um aparelho experimental, visto achar duvidoso determinar a dureza de superfície por intermédio do teste de dureza Brinell. O autor fez uma comparação da abrasão dos seguintes materiais para modelo: 1) Liga para amálgama; 2) Duroc; 3) Vel-Mix; 4) Cristobalite e 5) PermaRock. O aparelho sugerido consistia de um diamante industrial fixado em uma peça rolante, onde uma mola espiral segurava o suporte que fixava este diamante e mantinha uma pressão uniforme. Assim, o diamante provocava uma abrasão no ângulo da borda do modelo, formando uma faceta, de acordo com a resistência do material. A largura desta faceta foi medida com um microscópio. Também foi feita comparação da dureza de superfície e o teste Brinell, efetuado na superfície oclusal, usando uma esfera de aço de 2,5 mm, sob pressão de 15,625 kg, por 30 segundos. De acordo com os resultados obtidos, o teste Brinell fornecia inadequada base para formar uma comparação entre os materiais de modelo. A princípio, foram feitos testes nos produtos Duroc e Cristobalite,

onde observou-se a existência de uma considerável divergência em dureza. O Permarock, que teve metade da dureza Brinell do amálgama, mostrou-se com a mesma resistência à abrasão. Quando os gessos Duroc e Vel-Mix foram centrifugados nas impressões em substituição à vibração, a dureza Brinell aumentou em 100% e um aumento de 84% e 69%, foi observado respectivamente na resistência abrasiva. Assim sendo, torna-se evidente que o teste abrasivo dá valores consideravelmente diferentes dos obtidos pelo teste Brinell e que fornece uma comparação mais fiel entre os diferentes materiais para modelo.

FAIRHURST⁷, em 1960, estudou os fatores: efeitos da relação água/pó contendo excesso de água, temperatura durante armazenagem em ar, armazenagem em água, solução de gesso, óleo e 100% de álcool etílico sobre a resistência e deformação plástica na compressão do gesso odontológico. A resistência à compressão foi obtida numa máquina de teste (Riehle), submetida a uma carga de aproximadamente 315 kg por minuto. A deformação plástica foi obtida em um medidor de escoamento projetado para este propósito. O autor verificou um aumento na resistência conforme decresceu a razão água/pó para as condições úmida e seca. A resistência úmida do gesso é 40-50% da resistência seca. Um aumento em peso de 0,1-0,2%, devido a absorção de água, resulta numa significativa perda de resistência compressiva do gesso odontológico. As amostras que foram ensaiadas após imersão em óleo e em 100% de álcool etílico não exibiram diferenças estatisticamente significantes entre as amostras de gesso seco. A perda de resistência do gesso odontológico ocorreu quando foi armazenado em ar a 65°C ou acima desta,

devido a transformação de di-hidrato em hemi-hidrato. O gesso odontológico exibiu deformação plástica quando molhado com água mas não exibiu esta propriedade quando seco. A resistência do gesso seco é causada pela interferência mecânica da deposição de pequenos cristais secundários nos espaços intercristalinos dos cristais maiores durante a secagem do gesso.

TORESKOG, PHILLIPS e SCHNELL²⁰, em 1966, compararam as propriedades de oito tipos de materiais utilizados na confecção de troquéis. Foram efetuados testes de alteração dimensional, dureza, resistência à abrasão, duplicação de detalhes e compatibilidade. Para o teste de alteração dimensional fabricaram um troquel padrão de latão em forma de coroa, onde marcaram pontos de referência com o diamante Knoop. As marcas foram posicionadas diametralmente opostas na superfície oclusal e no ombro cervical do troquel padrão. Assim, fizeram uma impressão do troquel padrão com silicone industrial, a qual foi armazenada por um mês. Imediatamente antes de verter o material para modelo, as marcas na impressão e no troquel padrão foram medidas, assim como após separação da impressão, a duas horas e meia e 24 horas após a separação. A contração ou expansão do modelo foi comparada com a impressão original. Para o teste de dureza foram utilizados os diamantes Brinell e Knoop, em amostras cilíndricas com 12 x 18 mm. A resistência à abrasão foi verificada em um aparelho onde era aplicado um peso constante de 55 g. A duplicação de detalhes foi obtida através de marcas Knoop, sobre uma superfície polida do troquel de aço, onde foram impressas três fileiras de sete marcas. As marcas foram reproduzidas por impressões de silicone, as quais foram

armazenadas por um mês. O material para troquel era então vertido na impressão e deixado tomar presa de acordo com o tempo recomendado. Após 24 horas, as superfícies dos troquéis eram avaliadas. No teste de compatibilidade, foram feitas impressões da mesma matriz utilizada para o teste de duplicação de detalhes, com duas borrachas de polissulfeto e duas siliconas. Só foram consideradas as impressões que reproduziram todas as 21 marcas Knoop. Assim, foram confeccionados os troquéis e observado o número de marcas reproduzidas. Estes dados foram comparados com os obtidos no teste de duplicação de detalhes. Os autores concluíram que nenhum material foi superior em todas as propriedades. Os gessos pedra foram superiores na precisão dimensional, mas sua resistência à abrasão foi baixa. Todos os troquéis, com exceção dos que foram confeccionados com gessos pedra e liga de baixa fusão, foram subdimensionados na margem cervical. Com base nos testes executados, não foi possível prever os valores de resistência à abrasão a partir da dureza correspondente. Os modelos feitos de materiais cerâmicos, cimento de silicofosfato, uma das resinas e os metalizados foram superiores na resistência à abrasão. A superfície do modelo metalizado, o material cerâmico, gesso pedra e cimento de silicofosfato apresentaram excelente duplicação de detalhes. Foram observadas diferenças na compatibilidade entre certos materiais para modelo e para impressão de borracha.

Em 1969, LAUTENSCHLAGER E CORBIN¹⁴, estudaram possíveis mecanismos que causariam maior expansão na presa de misturas espessas de gesso odontológico do que relações água/pó maiores, com menos porosidade total para ocupar o espaço expandido, através de

fatores como excesso de água e deformação de cristais em formação. A investigação foi conduzida através de difratômetro de raios-X e cálculos baseados na medida da densidade. Os autores verificaram que forças de colisão dos cristais de gesso em crescimento não são por si só grandes o suficiente para produzir qualquer mudança significativa em volume nos cristais de di-hidrato para encher o espaço expandido. Também, que a porosidade total e expansão foram maiores que o volume de vazios deixados pela evaporação da água excessiva e este volume diferencial de porosidade foi atribuído aos microporos que foram encontrados aumentados quando a densidade da mistura aumenta. Entretanto, uma relação exponencial existe entre os microporos presentes na mistura e a quantidade de expansão. Estes achados conduziram à hipótese que os microporos são formados como consequência da colisão dos cristais de di-hidrato. Misturas mais espessas de gesso pedra têm mais colisão e portanto expansão maior do que misturas menos espessas, mas, elas também têm mais microporos para preencher o espaço expandido. Posteriormente, no processo de endurecimento, a evaporação do excesso de água eventualmente explicaria a porosidade total das misturas menos espessas sendo maior do que aquela das misturas mais espessas.

Em 1970, BAERECKE e MISKUNAS², em um estudo sobre dureza e resistência abrasiva, comentaram que para medir dureza realiza-se uma força compressiva em profundidade, enquanto na abrasão produz-se uma ação tangencial sobre a superfície, ou seja, a abrasão corta em forma de cinzel, tal como acontece com o instrumento utilizado para a confecção do padrão de cera, adaptação marginal de

coroas e o brunido de matrizes de platina em trabalhos de porcelana. Os procedimentos dinâmicos possuem instabilidades comparáveis estatisticamente, as quais poderão ser evitadas com a aplicação de um sistema estático, levando em consideração que existem métodos para medir dureza que atuam mais em superfície, como os diamantes Knoop e o Vickers. O efeito superficial da penetração Knoop, é tangencial ao comprimento da sua diagonal maior, enquanto que a penetração Vickers atua mais em profundidade; dividindo o valor de Vickers pelo de Knoop, obtém-se um coeficiente que relaciona profundidade com superfície. Este coeficiente foi utilizado como uma constante para dureza Vickers e o estudo comparativo como resistência abrasiva. Os autores comprovaram que existem materiais com comportamentos diferentes entre superfície e profundidade. A experiência foi feita com diversos materiais utilizados para troquéis em prótese fixa, e para o teste foram usadas cargas de 500 gramas. Assim, de acordo com a análise dos resultados obtidos, os autores constataram que o cobre eletrolítico é o material de maior resistência abrasiva, fato este explicável pela sua maior tenacidade em comparação com a maioria dos materiais para modelo. Então, para um material possuir uma elevada resistência abrasiva não só é necessário uma alta dureza como também uma suficiente tenacidade, e que os materiais mais frágeis não cumprem com este requisito.

Em 1971, SOFFERT e PESSOA¹⁸, avaliaram a resistência à abrasão e à compressão em materiais para troquéis de gesso, sob influência da imersão prévia em óleo mineral inerte. Também sugeriram um novo método para verificar a resistência à abrasão. As-

sim, as amostras eram confeccionadas e após a reação de endurecimento eram colocadas numa estufa a 37°C, por 24 horas. Neste momento algumas amostras eram deixadas retornar à temperatura ambiente e ensaiadas sem óleo. Outras amostras ficavam imersas em óleo mineral inerte, durante 24 horas. O novo método para verificar a resistência à abrasão, consiste em uma adaptação do aparelho de Vicat, onde o peso da haste foi reduzido em 100 g; adaptou-se uma peça de mão à haste, e a amostra, que era confeccionada em forma tronco-cônica de base quadrada, permitia sua fixação na base do aparelho; a peça de mão fixava-se, por intermédio de um mandril, um disco abrasivo, que se encontrava apoiado em sua parte superior, a fim de evitar possíveis flexões, por um disco de igual diâmetro, de aço, permitindo, em 5 segundos, 30 rotações do disco abrasivo. O resultado foi avaliado através da medida do diâmetro da amostra, por intermédio de um microscópio de mensuração (Gaertner). A resistência à compressão foi verificada numa máquina universal de ensaios (Amsler). Os autores concluíram que a imersão prévia em óleo aumentou a resistência à abrasão em todos os gessos ensaiados e que alguns gessos tiveram sua resistência à compressão diminuída, o que consideraram de pouca importância, particularmente na elaboração de troquéis, os quais não estão sujeitos a cargas de compressão, ao contrário da abrasão.

A AMERICAN DENTAL ASSOCIATION⁴, no Guide to Dental Materials and devices, editado em 1972, recomendou que a preparação das amostras de gesso e os procedimentos de teste deveriam ser conduzidos numa temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $50 \pm 10\%$. O equipamento e material deveriam ser mantidos

nessas temperatura e umidade por no mínimo dez horas antes do teste. Antes de pesar o gesso para confecção das amostras, o recipiente de gesso deveria ser revolvido por agitação manual. O gesso utilizado na produção das amostras deveria ser misturado com suficiente quantidade de água destilada a $23 \pm 2^\circ\text{C}$. O teste de consistência foi definido como a proporção de água para pó que dá um diâmetro padrão ou profundidade de penetração do cone, proveniente de uma modificação do aparelho de Vicat. O critério de mistura deveria ser feito por adição do pó seco para uma quantidade correta de água em uma tigela de borracha ou plástico com 10 a 13 cm de diâmetro. A mistura deveria ser deixada impregnar-se por 30 segundos, em seguida ser espatulada durante 1 minuto, por meio de uma espátula rígida de extremidade arredondada, num movimento de 120 rpm. O ensaio de resistência à compressão deveria ser efetuado numa máquina universal de ensaios (LOS), regulada numa velocidade de 300 ± 50 kg/minuto para o gesso Tipo IV.

GOMES^P, em 1973, estudou a resistência ao desgaste por corte de quatro variedades de gessos para modelo preparados com água destilada ou com uma solução endurecedora, com armazenagem de 1 ou de 168 horas. Verificou também a influência de interações entre estes fatores acima citados e a adequação de três métodos de avaliação distintos, a saber: alteração em peso, modificações na altura do corpo de prova, e largura da faceta formada no desgaste de uma aresta do mesmo corpo de prova prismático. O autor utilizou um aparelho de desgaste por corte, o qual consistia de um motor (The Cleveland Dental Mfg. Co) com 115 rpm, ligado a duas polias redutoras, a uma das quais estava presa uma barra me-

tálica cilíndrica com uma lâmina cortante, removível. As polias permitiam uma redução da rotação do motor que fazia com que a lâmina cortante apresentasse 44 movimentos de translação duplos (vai e vem) por minuto. A lâmina incidia sobre o corpo de prova, em ângulo de aproximadamente 30 graus e sob pressão constante de uma mola que, somada ao peso dos componentes da barra, era equivalente a 480 g. Cada corpo de prova sofria 660 movimentos de corte, número este controlado por um contador digital. O autor concluiu que os gessos apresentaram uma tendência de resistência ao desgaste decrescente na ordem: Indic-Die Stone, Vel-mix, gesso-pedra normal e por último o gesso-comum, que apresentou resistência ao desgaste bem menor do que os gessos-pedra. A solução endurecedora "Gypsum Hardener" permitiu maior resistência ao desgaste dos gessos estudados do que a água com menor resistência após sete dias do que após uma hora. No que diz respeito as interações estudadas, mostraram-se insignificantes, indicando a influência dos níveis de um fator sobre os de outro. Finalmente, o método de alteração, em peso, revelou-se menos preciso do que os de alteração em altura do prisma ou de largura da faceta de desgaste, na avaliação da resistência ao corte de alguns tipos de gesso.

CONSANI e RUHNKE³, em 1975, estudaram algumas propriedades físicas dos gessos tipos II, III e IV e os aspectos cristalinos resultantes da mistura solução endurecedora "Gypsum Hardener"/pó. Os autores realizaram testes de tempo de presa inicial e final por meio das agulhas de Gillmore e verificaram que o endurecedor químico diminuiu o tempo de presa inicial e final de todos os gessos. A expansão de presa foi verificada por meio de

microscópio comparador (Leitz), em uma calha em forma de V, revestida com lençol de borracha. Os autores observaram que todos os gessos apresentaram expansão, no entanto, o gesso tipo IV apresentou uma expansão mais discreta. A resistência à compressão foi observada numa máquina universal de ensaios (LOS). Os autores verificaram que os gessos especiais possuíam maior resistência à compressão do que os gessos comum e pedra, sendo a resistência seca maior do que a úmida em todos os produtos. Finalmente, a solução endurecedora aumentou a resistência à compressão de todos os gessos estudados. A resistência à tração foi verificada nas mesmas condições de trabalho utilizado na resistência à compressão, onde a resistência seca também foi maior do que a úmida e a solução endurecedora aumentou a resistência desses gessos na mesma seqüência que para a resistência à compressão. Os aspectos microscópicos dos cristais de gesso foram os derivados da cristalização espontânea, resultante da evaporação do líquido contido numa solução concentrada de gesso. Nos gessos tipo IV, todos os núcleos eram formados por agulhas mais espessas, um tanto curtas e, aparentemente, em menor número do que os formados pelos tipos II e III. O aspecto do agrupamento cristalino resultante da mistura de hemi-hidrato com a solução endurecedora foi praticamente idêntico em todos os gessos, sendo, portanto, constituído de grande número de cristais em forma de agulhas bastante delgadas e envoltos pelos componentes químicos da solução.

Em 1975, JOHANSSON, ERHARDSON e WICTORIN¹⁰ estudaram a influência de dois agentes de mistura, quatro materiais de impressão e três métodos lubrificantes sobre a dureza superficial e al-

teração dimensional de um gesso pedra odontológico. O gesso pedra foi espatulado com água e solução endurecedora "Gypsum Hardener" e deixado tomar presa em contato com os materiais para impressão ágar-ágar, poliéter, polissulfeto e silicone. Como grupo controle, o gesso tomou presa em contato com uma placa de vidro. Os métodos lubrificantes usados foram imersão em óleo mineral, lubrificante solúvel em água e uma combinação de óleo mineral seguido por lubrificante solúvel em água. A dureza superficial foi medida de acordo com o teste Brinell. O teste Brinell foi escolhido após um estudo comparativo dos métodos de teste de dureza Brinell, Vickers e Knoop. Os autores concluíram que o agente de mistura "Gypsum Hardener" comparado com água destilada, aumentou a dureza superficial do gesso pedra em combinação com os materiais para impressão ensaiados, exceto quando tomou presa em contato com silicone. A solução endurecedora também apresentou melhor dureza do que a água quando foram usados os métodos lubrificantes. Entretanto, os métodos lubrificantes usados causaram um decréscimo na dureza superficial do gesso pedra. Quanto às dimensões dos modelos de gesso pedra, o "Gypsum Hardener" e os lubrificantes não pareceram ter qualquer influência significativa.

PIPOLO¹⁶, em 1976, apresentou um estudo sobre resistência à compressão, alterações dimensionais e resistência ao impacto do gesso especial. Também fez uma comparação dos resultados obtidos pela imersão em água com os verificados em condições normais de presa e os evidenciados a partir do uso de solução endurecedora "Gypsum Hardener". Foram feitas experiências com três marcas diferentes de gesso especial, Glastone, Vel-Mix e Silky-Rock.

Para cada ensaio foram feitos grupos de teste, denominados de "normal", quando as amostras eram obtidas pela mistura do gesso com a água destilada; "normal com imersão de 30 minutos", neste as amostras também eram obtidas sob condições normais, mas fazia-se imersão em água destilada após 30 minutos do início da mistura, por um período de 30 minutos; o grupo "Gypsum Hardener normal", quando havia a substituição da água destilada na mistura pela solução endurecedora; e o "Gypsum Hardener com imersão de 30 minutos", que diferenciava-se do anterior pela imersão das amostras em água destilada, da mesma forma como indicado para as amostras do segundo grupo. O autor verificou um aumento na resistência à compressão do material, quando este era imerso em água destilada, neste caso as alterações dimensionais não foram prejudicadas, enquanto que para o teste com a solução endurecedora, verificou-se um aumento de resistência à compressão, mas ao mesmo tempo um aumento estatisticamente significativo das alterações dimensionais. Com relação à resistência ao impacto, não houve melhora quando as amostras foram imersas em água, ao contrário do que aconteceu quando a mistura foi feita com a solução endurecedora.

EAMES, EDWARDS e BUCK^o, em 1978, mediram e compararam a resistência à compressão de vários materiais para troquéis sob certas condições e com aditivos diferentes. Assim, foram testados oito tipos de gesso pedra para troquéis e um gesso pedra, como controle. Os gessos foram misturados com água e com os endurecedores de gesso "Stalite" e "Gypsum Hardener". Foram também revestidos com cimento de cianoacrilato, lubrificante para troquéis e um "spray" para modelo, de acordo com técnica empírica usada pelos

dentistas. A resistência à abrasão foi verificada em troquéis metalizados pela prata e troquéis de resina epóxica. A resistência à abrasão foi obtida em uma máquina adaptada para passar uma lâmina afiada sobre as superfícies das amostras a um ângulo de 90°, raspando em uma só direção. A lâmina foi montada em uma barra flutuante com um peso constante de 155 g, fixada num suporte rolante motorizado, impulsionado automaticamente e montado sobre trilhos em cima de uma plataforma com as amostras. Cada amostra foi raspada 10 vezes e foi utilizada uma lâmina para cada amostra. As amostras foram pesadas antes e após a raspagem e o cálculo da resistência à abrasão foi feita pela perda de peso. Os autores concluíram que todos os produtos de gessos exibiram melhor resistência quando foram usados os endurecedores, onde Indic-Die-Stone e Super-Die foram os mais resistentes. Entretanto, Die-Keen e Die-Stone foram mais resistentes quando misturados com água e, neste caso, seus valores foram os melhores de todos os gessos testados. Os troquéis metalizados pela prata mostraram a melhor resistência à abrasão e os de resina epóxica foram altamente resistentes, com aproximadamente o mesmo grau de resistência das amostras revestidas por cimento de cianoacrilato e "spray" para modelos, o que não aconteceu com os troquéis lubrificados.

Em 1984, SCHNEIDER e TAYLOR¹⁷ investigaram seis gessos pedra para troquéis quanto a resistência à compressão e dureza superficial, quando misturados com água destilada, pasta de água (água + di-hidrato), "Gypsum Hardener" e "Stalite". O teste de resistência à compressão foi conduzido em uma máquina universal (Instron). Para resistência à abrasão e dureza superficial foi

utilizada uma máquina com broca de carboneto de tungstênio (NTA Firthite D 5 PO), a qual produziu uma ranhura mensurada com microscópio óptico (Mitutoyo). Os autores verificaram que os endurecedores de gesso diminuíram a largura da ranhura, o que indica uma superfície mais dura. Por outro lado, a resistência dos cilindros à compressão aumentou, o que indica um material mais denso. Assim, "Stalite" produziu o mais alto valor de resistência à compressão, seguido pelo "Gypsum Hardener", água destilada e pasta de água. As soluções endurecedoras tiveram a mesma ordem na resistência à abrasão. O gesso Vel-Mix produziu os mais altos valores de resistência à compressão, seguido por Silky Rock, Die Rock, Glastone e Duroc. Houve uma variação na ordem dos gessos para o teste de abrasão. A superfície mais dura foi produzida por Silky Rock, seguida de Vel-Mix, Glastone e Duroc. A diferença nestas propriedades pode estar relacionada aos vários aditivos usados pelos fabricantes para produzir as propriedades desejadas. Os autores concluíram que o Vel-Mix produziu resultados semelhantes aos "Stalite" e "Gypsum Hardener" e estes foram os materiais de escolha de acordo com os resultados obtidos neste estudo, quanto à dureza superficial e resistência à abrasão.

Segundo PHILLIPS¹⁵, em 1984, a principal desvantagem do troquel de gesso Tipo IV é sua suscetibilidade à abrasão, durante a escultura do padrão de cera. Vários métodos são usados para aumentar a resistência à abrasão. Porém cada um pode interferir nas dimensões do troquel, reduzindo, assim, sua precisão.

Em 1987, LYON, MITCHELL e PATTERSON¹² avaliaram a resistência à abrasão de sete amostras de gesso pedra Tipo IV e um gesso pedra Tipo III. Os testes foram efetuados após 24 horas e 7 dias da mistura inicial do gesso. As amostras tinham uma aresta de 90° a qual foi abrasionada por 10 vezes em uma única direção com uma lâmina de barbear embotada. A largura da área abrasionada foi medida com um microscópio comparador. Foi feita análise estatística para determinar se os gessos pedra tinham diferenças significantes de larguras da área abrasionada, após 1 e 7 dias. Os autores verificaram que alguns gessos pedra para troquéis tiveram um pequeno aumento na resistência à abrasão de 1 dia para 7 dias. O gesso Vel-Mix apresentou a maior alteração na resistência à abrasão a medida que foi secando, apresentando uma resistência à abrasão um pouco acima de 5% em 7 dias, quando comparado com 1 dia. Além disso, o gesso pedra Tipo III Microstone foi mais resistente à abrasão em 1 dia do que em 7 dias. A água presa nos espaços inter cristalinos das amostras de 24 horas talvez atuasse diminuindo o coeficiente de atrito da superfície do gesso. Na realidade, a superfície foi lubrificada pela água. Assim, à medida que as amostras secavam, qualquer efeito lubrificante da água inter cristalina pode cessar e a resistência à abrasão torna-se dependente unicamente da resistência do gesso.

De acordo com CRAIG, O'BRIEN e POWERS⁴, em 1988, o hemi-hidrato de sulfato de cálcio, quando misturado com água, sofre uma reação química transformando-se em di-hidrato de sulfato de cálcio. Para ocorrer essa transformação química há necessidade de utilizar 18,61 ml de água para 100 g de gesso.

CRNKOVIC, CANALE e SANTOS⁵, em 1991, desenvolveram uma máquina de ensaios de abrasão do tipo pino sobre disco, com configuração a dois corpos, onde a amostra cilíndrica movimentava-se sobre um determinado abrasivo, com uma carga pré-fixada sobre si. Alguns aspectos foram avaliados, tais como facilidade de operação, tempo de ensaio e reprodutibilidade. De acordo com os resultados obtidos, os autores verificaram que o abrasômetro desenvolvido possibilita a obtenção de uma reprodutibilidade nos ensaios de abrasão a dois corpos.

3 - PROPOSIÇÃO

3 - PROPOSIÇÃO

Com base nas informações contidas na revisão bibliográfica, propusemo-nos verificar a influência dos métodos endurecedores solução química endurecedora e imersão em óleo mineral sobre os gessos Tipo IV, nas variáveis:

1. alteração dimensional de presa;
2. resistência à abrasão;
3. dureza superficial;
4. resistência à compressão; e,
5. aspectos cristalinos.

4 - MATERIAIS E MÉTODO

4 - MATERIAIS E MÉTODO

4.1 - MATERIAIS

Para a confecção dos corpos de prova foram utilizados quatro tipos de gessos de alta resistência (Tipo IV), listados na Tabela 1, e representados na Figura 1, p. 37.

Tabela 1 - Marcas e fabricantes de gessos utilizados na pesquisa.

Marca	Fabricante
VEL-MIX	KERR
SUPRASTONE	KERR
DURONE	DENTSPLY
HEROSTONE	HERODENT

4.2 - MÉTODO

Neste trabalho foram efetuados os testes de alteração dimensional de presa, resistência à abrasão, dureza superficial, resistência à compressão e observação dos aspectos dos cristais dos gessos Tipo IV, para os quais foram adotados três tratamentos na confecção dos corpos de prova: 1) água destilada, considerado controle; 2) solução química endurecedora "Gypsum Hardener" (Whip Mix Corporation, Louisville, Kentucky, U.S.A., importada e embalada por Artigos Dent'Art Ltda, São Paulo, Brasil); e, 3) imersão das amostras em óleo mineral (Nujol, Indústria Química e Farmaco-

lógica Schering Ltda, Rio de Janeiro, Brasil), após a reação de presa.

Os gessos utilizados nesta pesquisa foram submetidos ao teste de consistência⁴ para determinar a proporção água:pó e, a partir desta, determinar a quantidade necessária da solução química endurecedora "Gypsum Hardener", cuja instrução do fabricante estabelece uma quantidade de 2 ml a menos da medida determinada para a água (Tabela 2).

Tabela 2 - Proporções resultantes do teste de consistência para 100 g de gesso.

Gesso	Água(ml)	Solução Endurecedora (ml)
VEL-MIX	24	22
SUPRASTONE	24	22
DURONE	22	20
HEROSTONE	25	23

4.2.1 - Alteração Dimensional de Presa

As amostras para o teste de alteração dimensional de presa foram confeccionadas a partir de uma matriz cilíndrica de latão, medindo 50 mm de altura por 30mm de diâmetro, com uma fenda de 2 mm de largura ao longo de toda a altura, a qual foi vedada com fita adesiva e a matriz imobilizada com uma braçadeira. Assim preparada, a matriz foi fixada com cera utilidade (Horus, Herpo Produtos Dentários LTDA, Rio de Janeiro) numa placa de vidro (Figura 2, p. 38).

O preparo das amostras e o teste de alteração dimensional de presa foram efetuados em ambiente com temperatura de $23 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $50 \pm 10\%$, de acordo com a norma nº 25 para gessos da American Dental Association. Todo o equipamento e material utilizados para o teste foram mantidos nessas condições no mínimo dez horas antes de sua execução¹.

Mistura água destilada/gesso (controle):

O gesso foi revolvido através de agitação manual do recipiente em que estava acondicionado e pesado em balança (Marte, São Paulo, Brasil, com capacidade para 1.100 g e precisão de 1g), conforme a proporção encontrada no teste de consistência. A água destilada foi medida em proveta graduada (capacidade de 50ml e divisão de 1ml) e colocada em um gral de borracha. Em seguida, foi feita a adição do gesso que permaneceu em repouso por 30 segundos. Assim, a mistura água/gesso foi espatulada manualmente por 1 minuto, por meio de uma espátula rígida de metal de ponta arredondada². Todos os tempos de espatulação foram controlados por um cronômetro (Dymamic, Nelima Indústria de Relógios S.A., Manaus, Brasil). Após a espatulação, o gesso foi vertido na matriz sob vibração mecânica (Sgay, São Paulo, Brasil). No gesso da região da fenda da matriz vedada com fita adesiva, foram fixados paralelamente dois fios de latão de 1,5mm de diâmetro por 35mm de comprimento. Posteriormente, com um micrômetro (Tesamaster, Tesa, Suíça, com capacidade para 25mm e precisão de 0,001mm) foram feitas medidas da distância entre os dois fios de latão (Figura 2, p. 38), nos seguintes tempos: aos 5 minutos e 2 horas após o ini-

cio da espatulação. A matriz foi removida após 30 minutos do início da espatulação.

Mistura solução endurecedora/gesso:

Os corpos de prova foram confeccionados nas mesmas condições da mistura água destilada/gesso (controle), excetuando a água que foi substituída pela solução endurecedora. As medidas da alteração dimensional foram efetuadas nos mesmos intervalos de tempo adotados para os corpos de prova controle.

Imersão em óleo mineral:

Os corpos de prova foram preparados com mistura de água destilada e gesso, usando-se os mesmos procedimentos já citados na confecção das amostras controle. A primeira medida entre os fios de latão foi obtida aos 30 minutos da espatulação, após o que a amostra foi removida da matriz e armazenada em óleo mineral por 30 minutos (Figura 3, p. 38). Aos 60 minutos a amostra foi removida do óleo e colocada sobre papel absorvente durante 1 hora para remover o excesso de óleo. Finalmente, a última medida foi obtida após 2 horas do início da espatulação. A alteração dimensional foi considerada como sendo as alterações das medidas encontradas ao final de 2 horas.

O teste de alteração dimensional foi repetido 5 vezes para cada marca de gesso e em função de cada variável, totalizando 60 ensaios.

4.2.2 - Resistência à abrasão

A resistência à abrasão dos gessos foi determinada por meio de amostras cilíndricas obtidas em matriz de acrílico, com 150mm de comprimento por 25mm de largura e 12mm de altura. A matriz foi cortada longitudinalmente e as duas metades foram mantidas justapostas por parafusos de fixação colocados nas extremidades. Ao lado de cada parafuso de fixação existia um pino guia metálico para orientar o encaixe das duas partes. No centro da largura e ao longo do comprimento da matriz foram confeccionados cinco orifícios cilíndricos eqüidistantes entre si, medindo 12mm de altura por 8,3mm de diâmetro (Figura 4, p. 39).

A matriz foi fixada em uma placa de vidro com cera utilidade e o gesso preparado com água, nas mesmas condições já citadas anteriormente no teste de alteração dimensional de presa. Após espatulação, o gesso foi vertido nos orifícios cilíndricos da matriz, sob vibração. Em seguida, outra placa de vidro foi colocada sobre a matriz, com a finalidade de que as amostras cilíndricas ficassem com bases planas e paralelas entre si. Após 30 minutos do início da espatulação, as amostras foram removidas da matriz e armazenadas em recipientes de plástico com tampa, em temperatura ambiente (Figura 4, p. 39).

Posteriormente, também foram confeccionadas amostras usando solução endurecedora como substituto da água destilada e amostras com água destilada para imersão em óleo mineral por 30 minutos, nas mesmas condições descritas para o teste de alteração dimensional de presa (Figura 5, p. 40). Foram confeccionados 10

corpos de prova com cada marca de gesso, em função de cada substância, totalizando 120 amostras as quais foram armazenadas e ensaiadas 48 horas após sua confecção.

O teste foi efetuado em uma máquina de ensaios de abrasão do tipo pino sobre disco com configuração a dois corpos⁵, consistindo de um motor de corrente contínua que aciona diretamente o prato para fixação do disco abrasivo e o suporte onde é acoplado o porta-amostra. Através de um sistema de rosca sem fim obtém-se um movimento em forma de espiral da amostra do disco abrasivo, com o objetivo de evitar o caráter repetitivo da trajetória da amostra. O dispositivo porta-amostra permite que a amostra realize movimento giratório em torno de seu eixo, simultaneamente ao movimento rotatório do disco abrasivo. O dispositivo é montado com rolamento, que assegura a perfeita linearidade e isenção de vibrações do movimento. Sobre a amostra é exercido um peso constante de 164 g. O equipamento conta ainda com um sistema regulável de velocidade, neste caso de 60 rpm, e um conta-giro que permite registrar o número de vezes ou o tempo em que a amostra permanece em contato com o abrasivo (Figura 6, p. 40).

Foram confeccionados 30 discos em duratex (Duratex do Brasil S/A, Jundiaí, São Paulo), com 3mm de espessura por 240 mm de diâmetro. Sobre uma das faces do disco de duratex foi fixado com cola de benzina (Bertoncini Indústrias Químicas Ltda, São Paulo, Brasil), um disco de lixa para madeira, granulação n° 180 (Trionite, Santa Catarina, Brasil), de mesmo diâmetro dos discos de duratex (Figura 6, p. 40). Antes de iniciar o teste, as amostras de gesso foram pesadas em balança analítica (Mettler, Suíça,

tipo H5 com capacidade para 160 g e precisão de 10^{-5} g). No momento do teste, o disco abrasivo foi parafusado no prato da máquina de ensaios, o dispositivo contendo a amostra colocado no porta-amostra e o motor acionado. Foram contadas 20 voltas do disco e desligado o motor. Em seguida, as amostras foram pesadas pela segunda vez. A resistência à abrasão foi analisada através da perda de massa, indicada pela diferença entre o peso antes e após o teste.

4.2.3 - Dureza

O teste de dureza superficial foi efetuado em amostras confeccionadas com a mesma matriz e utilizando os mesmos procedimentos de preparo das amostras empregadas no teste de resistência à abrasão. A manipulação da água ou solução endurecedora com o gesso e a imersão em óleo mineral foram feitas conforme referido no teste de alteração dimensional de presa. A análise da dureza foi efetuada após 48 horas da confecção das amostras, armazenadas em recipientes com tampa.

A dureza foi medida com penetrômetro (Durimet, Leitz, Alemanha), onde foi empregada a ponta impressora Knoop (Figura 7, p. 41).

Para a realização do teste foi necessário cobrir a superfície plana da amostra com uma leve camada de grafite (TS Regente 1250), facilitando a visualização da impressão obtida com o penetrômetro. Em seguida, a amostra foi fixada com cera utilidade em uma lâmina de vidro para microscopia (Perfecta Ind. e Com. de Lâ-

minas de Vidro Ltda. São Paulo, Brasil), através de uma prensa manual (Leitz, Alemanha), com a finalidade de manter a superfície da amostra perpendicular ao eixo óptico do aparelho medidor de dureza. A lâmina foi colocada na mesa do penetrômetro, visualizada a superfície da amostra e acionado o dispositivo de penetração por 10 segundos, com carga de 100 gramas. Posteriormente, a figura geométrica deixada pela impressão foi analisada de maneira a visualizar nitidamente as extremidades maiores do losango, quando a medida foi efetuada. Em seguida, a amostra foi cortada com um disco de dupla face diamantada (Discoflex, K.G.Sorensen, São Paulo, Brasil), repetindo o teste de dureza na face interna. As medidas obtidas no penetrômetro foram transformadas por meio de uma tabela de conversão em números de dureza Knoop.

Foram submetidos ao teste de dureza da superfície externa 5 amostras para cada um dos 4 tipos de gesso utilizados neste trabalho e em função das 3 substâncias utilizadas, totalizando 60 ensaios. Em cada amostra também foram feitos 60 testes de dureza na face interna. A dureza da superfície externa ou interna da amostra foi considerada como a média de 3 penetrações.

4.2.4 - Resistência à Compressão

A matriz utilizada para confecção das amostras no teste de resistência à compressão foi igual à utilizada para o teste de resistência à abrasão e dureza superficial, exceto quanto às dimensões exigidas pela especificação nº 25 da ADA para gesso, onde amostras tenham altura medindo o dobro do diâmetro. Assim, foi

usada uma matriz na qual foram obtidas amostras cilíndricas com 20 mm de altura por 10 mm de diâmetro (Figura 4, p. 39). A manipulação de cada condição ensaiada (água destilada, solução endurecedora e água destilada + óleo mineral) com gesso foi idêntica a dos ensaios de resistência à abrasão e dureza superficial, e foram utilizados os mesmos critérios de manipulação citados no teste de alteração dimensional de presa. O teste foi executado 48 horas após a confecção das amostras que ficaram armazenadas em recipientes de plástico com tampa.

Foi utilizado para o ensaio uma máquina universal de teste LOS (Düsseldorf, Alemanha), regulada numa velocidade de 300 ± 50 quilogramas por minuto¹ e a resistência limite de ruptura da amostra foi então anotada (Figura 8, p. 42). Em seguida, foi aplicada a fórmula $R = F/A$, onde: R é a resistência à compressão, F é a carga aplicada e A é a área da amostra.

Foram confeccionadas e submetidas ao teste de resistência à compressão 10 amostras para cada tipo de gesso e em função de cada condição experimental, totalizando 120 amostras.

4.2.5 - Aspecto dos cristais de gesso

Os cristais de gesso foram obtidos a partir de uma solução saturada de gesso em água destilada, preparada num pote tipo Dappen. Um volume de 0,1ml de solução saturada foi colocado sobre uma lâmina de vidro para microscopia. Em seguida, foi adicionada uma gota de água destilada sobre a solução saturada contida na lâmina. A cristalização do gesso foi feita em temperatura ambiente.

A obtenção dos cristais foi repetida para a solução endurecedora nas mesmas condições utilizadas com a água destilada. No caso da imersão em óleo mineral, foi repetido o mesmo procedimento descrito anteriormente para a água destilada, exceto que após evaporação da água, uma gota de óleo mineral foi adicionada e o excesso foi removido por escoamento, durante 1 hora (Figura 9, p. 43).

Os cristais foram observados e fotografados em Fotomicroscópio II (Carl Zeiss, Alemanha), utilizando o aumento de 100x no negativo (Figura 10, p. 44).

Foram observadas 5 lâminas de cada tipo de gesso em função das 3 condições experimentais, totalizando 60 ensaios para obtenção dos cristais de gesso.



Figura 1 - Gessos pedra (Tipo IV) empregados no estudo.



Figura 2 - Material e dispositivos utilizados na confecção das amostras para o teste de alteração dimensional de presa.



Figura 3 - Amostras imersas em óleo mineral para os testes de alteração dimensional de presa.



Figura 4 - Material e dispositivos utilizados na confecção das amostras para os testes de resistência à abrasão, dureza e resistência à compressão.

- a - Matriz para os testes de resistência à abrasão e dureza.
- b - Matriz para o teste de resistência à compressão.
- c - Amostras para os testes de resistência à abrasão e dureza.
- d - Amostras para o teste de resistência à compressão.
- e - Recipiente de plástico com tampa.



Figura 5 - Amostras imersas em óleo mineral para os testes de resistência à abrasão e dureza.



Figura 6 - Máquina para ensaio de abrasão.

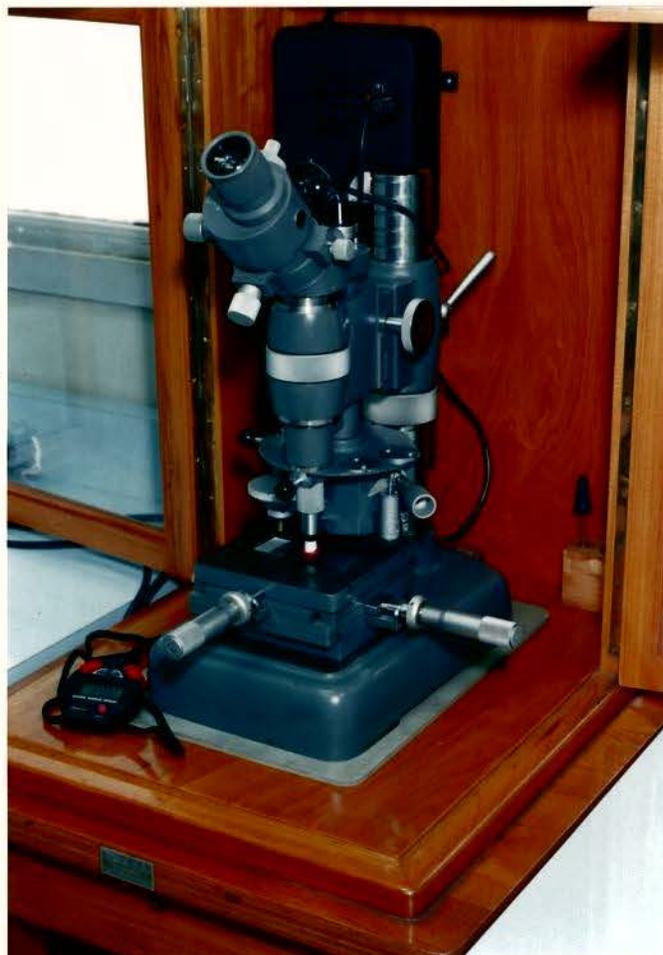


Figura 7 - Aparelho para ensaio de dureza.

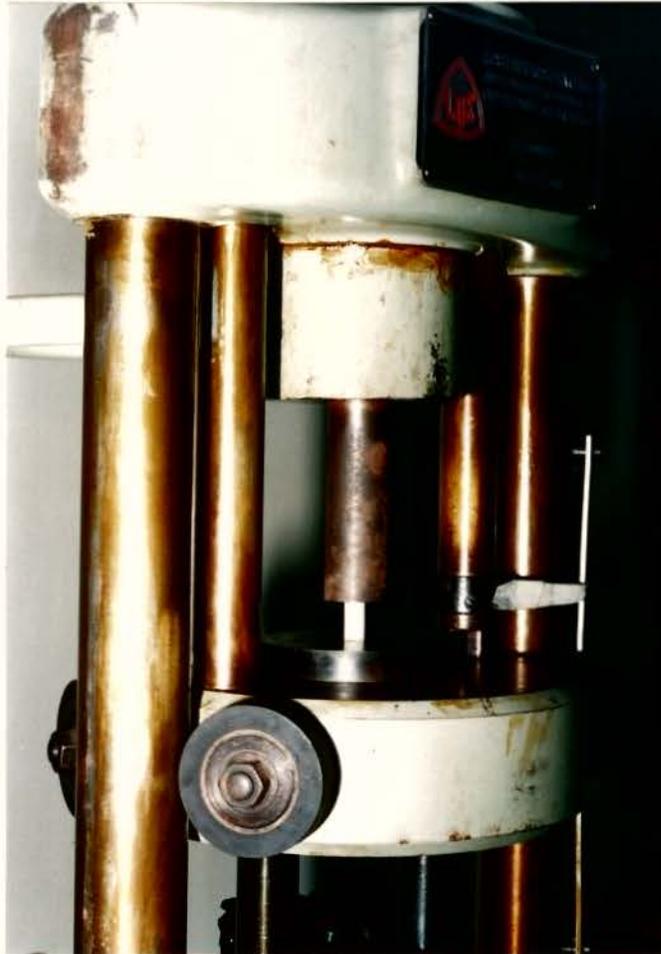


Figura 8 - Máquina para ensaio de compressão.



Figura 9 - Materiais utilizados na confecção das amostras para observação dos cristais.



Figura 10 - Fotomicroscópio para observação e fotografia dos cristais.

5 - RESULTADOS

5 - RESULTADOS

Os resultados obtidos nos testes de alteração dimensional de presa, resistência à abrasão, dureza e resistência à compressão foram submetidos à análise estatística. Também foi feita uma análise visual ao microscópio dos aspectos dos cristais de gesso.

Para maior facilidade, este capítulo será dividido em sub-capítulos relacionados com as propriedades estudadas.

5.1. ALTERAÇÃO DIMENSIONAL DE PRESA

As Tabelas 5.1.1., 5.1.2., 5.1.3. e 5.1.4. mostram os resultados obtidos no teste de alteração dimensional de presa o qual foi repetido 5 vezes para cada marca de gesso e em função de cada variável.

Tabela 5.1.1. Resultados do teste de alteração dimensional de presa, em mm, das amostras de HEROSTONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO+ÁGUA ÓLEO
1	-0,030	-0,059	-0,045
2	-0,039	+0,032	-0,009
3	+0,031	+0,026	-0,032
4	+0,060	+0,017	-0,059
5	-0,012	+0,107	+0,017

Tabela 5.1.2. Resultados do teste de alteração dimensional de presa, em mm, das amostras de DURONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO+ÁGUA ÓLEO
1	+0,034	0	+0,014
2	+0,004	+0,059	+0,005
3	+0,014	+0,074	-0,041
4	+0,022	+0,006	+0,047
5	-0,037	-0,070	+0,058

Tabela 5.1.3. Resultados do teste de alteração dimensional de presa, em mm, das amostras de VEL-MIX.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO+ÁGUA ÓLEO
1	-0,002	-0,069	-0,021
2	+0,016	+0,049	-0,037
3	-0,018	-0,009	-0,033
4	-0,045	+0,036	-0,047
5	-0,050	-0,011	-0,027

Tabela 5.1.4. Resultados do teste de alteração dimensional de presa, em mm, das amostras de SUPRASTONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO+ÁGUA ÓLEO
1	+0,005	-0,031	+0,037
2	+0,030	+0,068	-0,001
3	-0,043	+0,007	+0,012
4	-0,041	-0,097	+0,007
5	-0,004	+0,003	-0,059

Os resultados obtidos no teste de alteração dimensional de presa foram submetidos à análise de variância para avaliar se a diferença é ou não significativa (Tabela 5.1.5.).

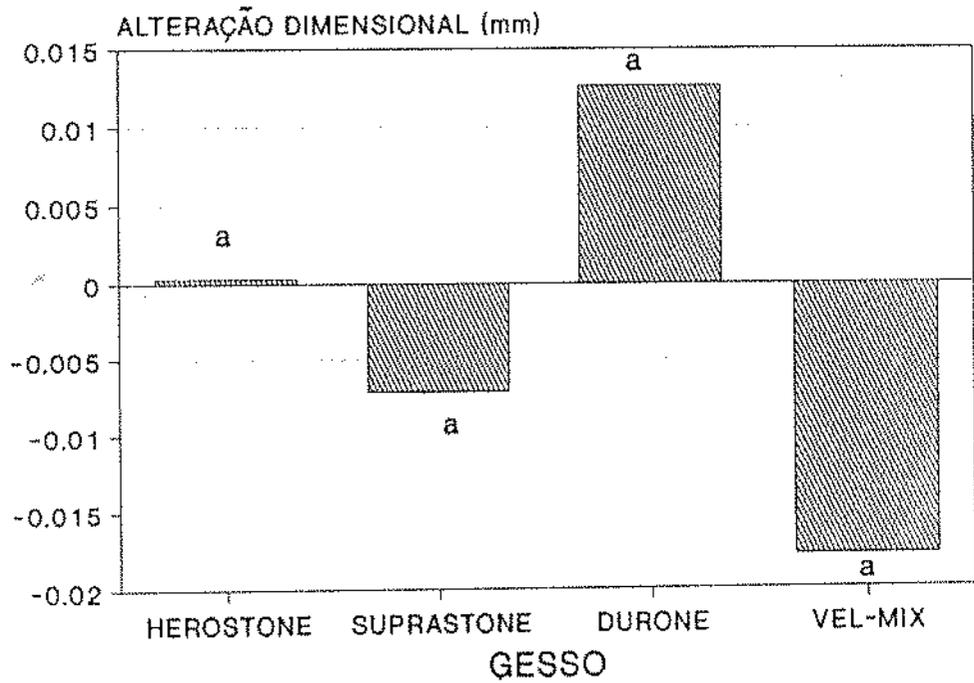
Tabela 5.1.5. Análise de Variância.

CV	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB > F
GESSO	3	0,0073886	0,0024629	1,4363	0,24280 NS
SUBST	2	0,0032472	0,0016236	0,9469	0,60272 NS

(*) Significativo 5%
(NS) Não significativo

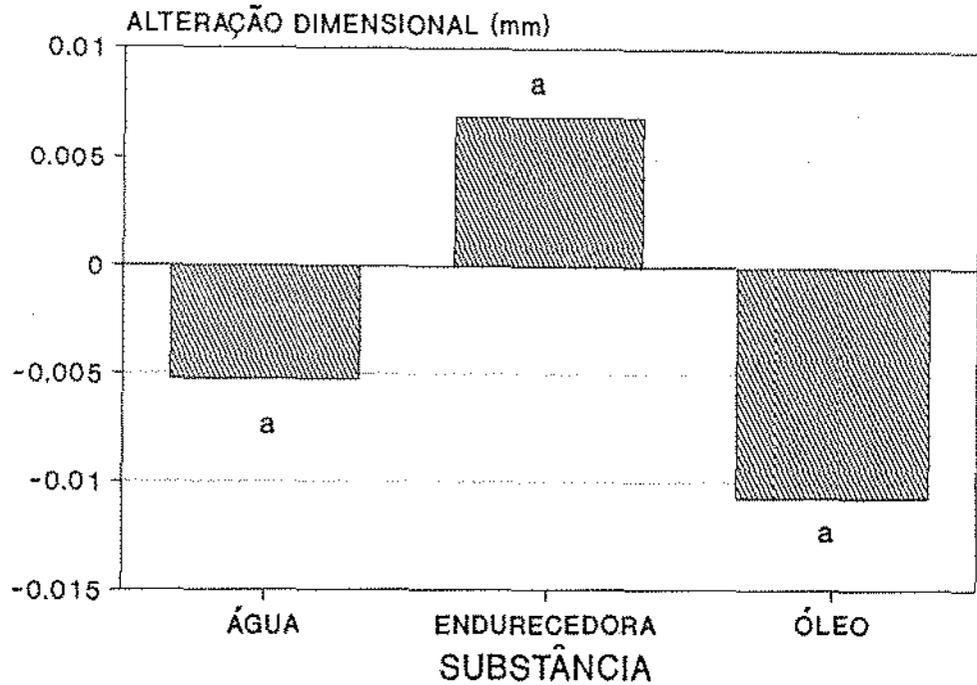
Assim, a análise de variância mostrou que não existe diferença estatística significativa nos valores de alteração dimensional de presa, o que pode ser observado nos Gráficos 5.1.1. e 5.1.2..

Gráfico 5.1.1. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da alteração dimensional de presa em mm de cada gesso estudado.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

Gráfico 5.1.2. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da alteração dimensional de presa em mm das substâncias estudadas.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

Nos gráficos acima representados, observa-se que na sequência de menor alteração dimensional para maior tem-se o gesso Herostone, Suprastone, Durone e Vel-mix e quanto às variáveis estudadas tem-se água, solução endurecedora e óleo mineral, embora não tenham significância estatística de 5%.

5.2 - RESISTÊNCIA À ABRASÃO

Os resultados obtidos no teste de resistência à abrasão podem ser observados nas Tabelas 5.2.1., 5.2.2., 5.2.3. e 5.2.4.. Na Tabela 5.2.5., observa-se a análise de variância com base nestes resultados.

Tabela 5.2.1. Resultados dos testes de resistência à abrasão, em grama, das amostras de DURONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	0,0775	0,0900	0,0740
2	0,0715	0,0965	0,0930
3	0,0790	0,0895	0,0895
4	0,0710	0,0860	0,0970
5	0,0840	0,0855	0,0970
6	0,0850	0,1000	0,0780
7	0,0850	0,0960	0,0810
8	0,0765	0,0890	0,0765
9	0,0775	0,0850	0,0905
10	0,0880	0,0930	0,0790

Tabela 5.2.2. Resultados dos testes de resistência à abrasão, em grama, das amostras de HEROSTONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	0,0845	0,1045	0,1095
2	0,0915	0,1115	0,1350
3	0,0890	0,1090	0,0945
4	0,0860	0,1085	0,1100
5	0,0805	0,1130	0,1135
6	0,0845	0,1115	0,0720
7	0,0905	0,1045	0,1270
8	0,0890	0,1125	0,0850
9	0,0945	0,1100	0,0880
10	0,0790	0,1125	0,0815

Tabela 5.2.3. Resultados dos testes de resistência à abrasão, em grama, das amostras de SUPRASTONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	0,1005	0,1080	0,1110
2	0,0995	0,1195	0,1155
3	0,0935	0,1110	0,0985
4	0,0950	0,1160	0,1225
5	0,1000	0,1125	0,1520
6	0,0970	0,1390	0,1350
7	0,0990	0,1330	0,1105
8	0,0930	0,1050	0,1470
9	0,1070	0,1145	0,1355
10	0,1130	0,1370	0,1515

Tabela 5.2.4. Resultados dos testes de resistência à abrasão, em grama, das amostras de VEL-MIX.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	0,0785	0,0925	0,0920
2	0,0915	0,0925	0,1020
3	0,0755	0,1070	0,1285
4	0,0920	0,0925	0,0800
5	0,0770	0,1105	0,1175
6	0,0835	0,0930	0,1110
7	0,0905	0,0900	0,1125
8	0,0845	0,1025	0,1060
9	0,0940	0,1010	0,1005
10	0,0915	0,0940	0,0790

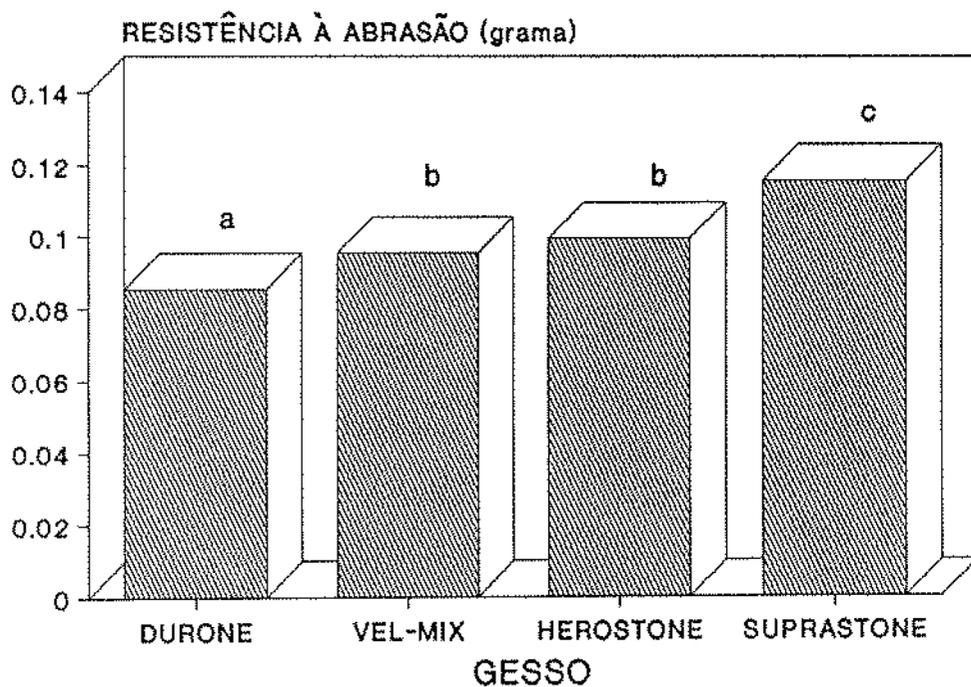
Tabela 5.2.5. Análise de Variância.

CV	G. L.	S. Q.	Q. M.	VALOR F	PROB > F
GESSO	3	0,0143663	0,0047888	38,3582	0,00001*
SUBST	2	0,0072446	0,0026222	20,0147	0,00001*

(*) Significativo 5%
 (NS) Não significativo

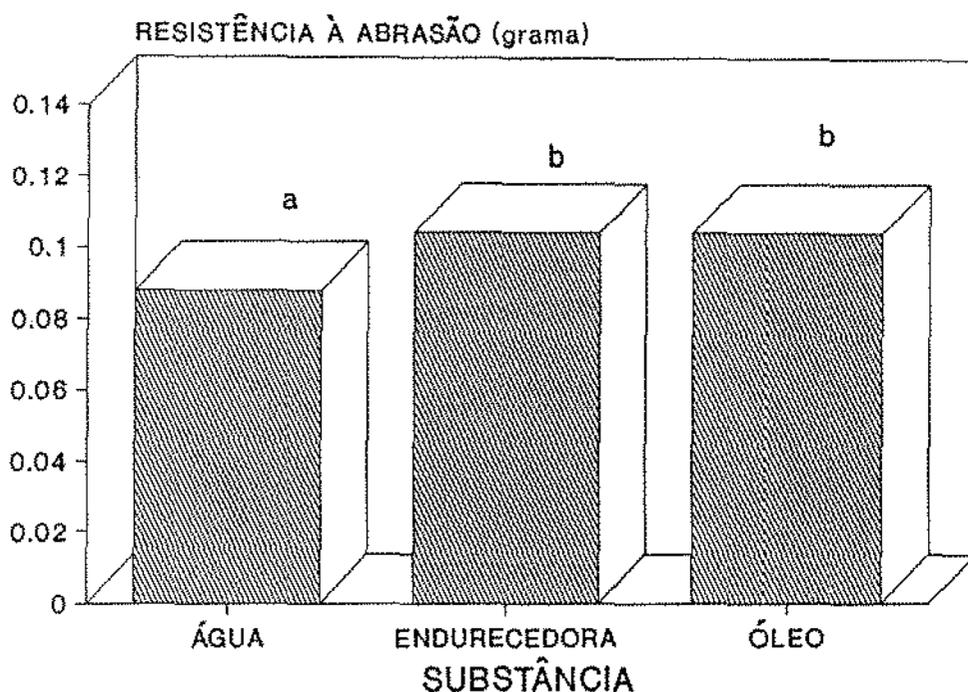
Na análise de variância observa-se que existe diferença significativa de 5%, fato este que pode ser observado nos gráficos abaixo.

Gráfico 5.2.1. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da resistência à abrasão, em grama, dos gessos estudados.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

Gráfico 5.2.2. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da resistência à abrasão, em grama, das substâncias estudadas.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

O Gráfico 5.2.1. mostra que os gessos Vel-Mix e Herostone apresentaram resultados estatisticamente semelhantes entre si, enquanto o Durone e Suprastone apresentaram diferença estatística significativa, sendo Durone mais resistente à abrasão e Suprastone menos resistente. Quanto ao Gráfico 5.2.2., o gesso manipulado com água foi estatisticamente o mais resistente à abrasão, enquanto que o gesso manipulado com solução endurecedora e o gesso preparado com água e imersão em óleo mineral por 30 minutos, foram menos resistentes à abrasão e não apresentaram diferença estatís-

tica entre si.

5.3 - DUREZA

Com base nos resultados verificados nas Tabelas 5.3.1., 5.3.2., 5.3.3., 5.3.4., 5.3.5., 5.3.6., 5.3.7. e 5.3.8. foi elaborado análise de variância, mostrada na Tabela 5.3.9.

Tabela 5.3.1. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de DURONE (face externa).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	328,4	570,3	467,6
2	625,8	639,9	467,7
3	528,6	542,6	472,3
4	604,8	513,4	416,1
5	461,7	654,1	424,9

Tabela 5.3.2. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de DURONE (face interna).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	895,4	778,0	775,6
2	709,5	858,5	808,7
3	792,4	929,6	831,2
4	785,8	1061,4	781,6
5	849,3	987,8	909,8

Tabela 5.3.3. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de HEROSTONE (face externa).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	448,3	483,0	748,0
2	362,4	598,2	550,4
3	359,7	464,1	580,5
4	363,0	520,3	611,6
5	497,2	562,0	560,2

Tabela 5.3.4. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de HEROSTONE (face interna).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	672,5	947,1	595,6
2	492,5	385,4	963,8
3	595,4	590,3	510,4
4	733,9	860,6	656,0
5	799,2	620,8	727,6

Tabela 5.3.5. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de SUPRASTONE (face externa).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	478,7	540,1	423,8
2	512,0	555,0	389,3
3	331,6	616,0	372,8
4	570,3	455,8	425,7
5	601,6	603,0	404,7

Tabela 5.3.6. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de SUPRASTONE (face interna).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	613,3	724,6	401,5
2	562,3	632,6	448,3
3	599,8	703,4	389,3
4	628,0	829,2	407,5
5	560,6	830,6	442,5

Tabela 5.3.7. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de VEL-MIX (face externa).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	585,7	484,8	474,6
2	479,0	597,6	400,9
3	484,5	412,5	436,8
4	505,3	632,4	437,8
5	429,5	559,8	429,6

Tabela 5.3.8. Resultados dos testes de Dureza em Knoop, das amostras de VEL-MIX (face interna).

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	766,3	876,8	587,3
2	776,9	844,5	768,3
3	717,2	689,3	830,1
4	864,8	862,4	637,0
5	792,0	702,4	608,8

Tabela 5.3.9. Análise de variância.

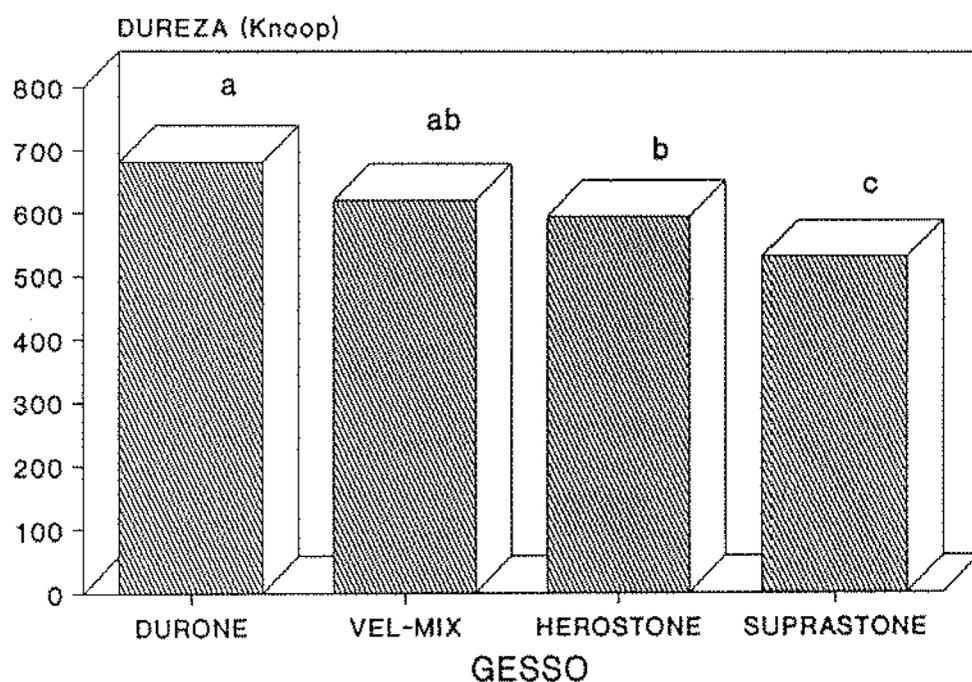
CV	G.L.	S.Q.	Q.M.	VALOR F	PROB > B
SUBSTAN	2	228404,8685579	114202,4342790	12,9242	0,00006*
FACE	1	1379320,2286469	1379320,2286469	156,0960	0,00001*
GESSO	3	350876,4140329	116958,8049776	13,2361	0,00001*

(*) Significância 5%

(NS) Não significativa

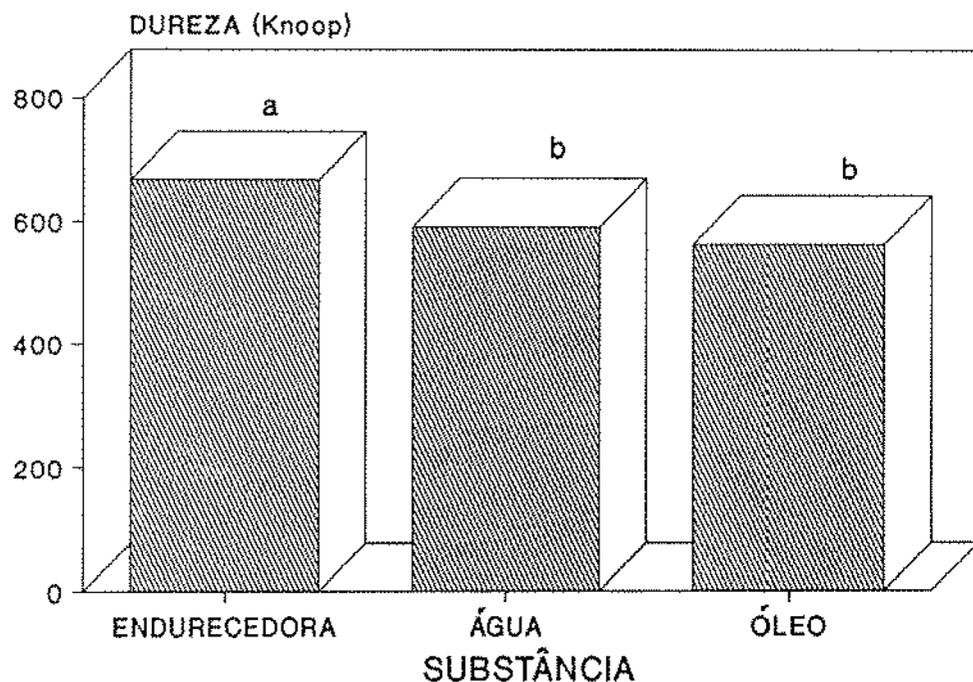
A análise de variância (Tabela 5.3.9.) demonstra os efeitos estatísticos de todas variáveis estudadas no teste de dureza, como ilustram os gráficos a seguir:

Gráfico 5.3.1. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da dureza em Knoop dos gessos estudados.



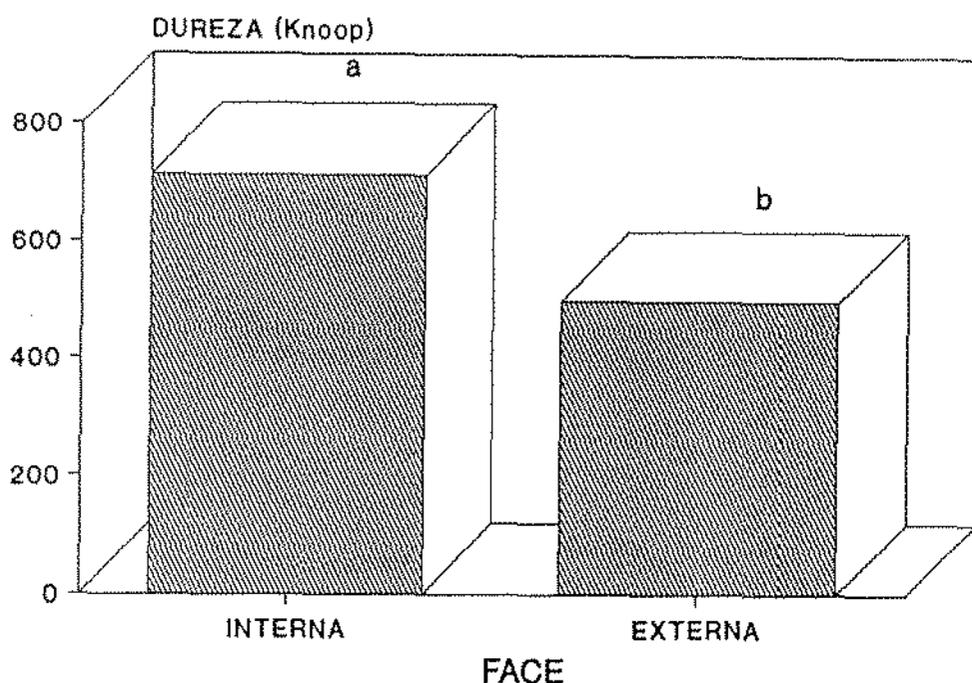
* Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

Gráfico 5.3.2. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da dureza em Knoop das substâncias estudadas.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

Gráfico 5.3.3. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da dureza em Knoop quanto as faces dos gessos.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

A observação do Gráfico 5.3.1. mostra que o Durone apresenta maior dureza numérica, mas este apresenta estatisticamente a mesma dureza do Vel-Mix; o Vel-Mix por sua vez apresenta semelhança estatística com o Herostone, enquanto que o Suprastone mostra a menor dureza, diferente estatisticamente dos demais. O Gráfico 5.3.2. mostra que a substância solução endurecedora provocou a maior dureza seguida da água e do óleo, os quais são estatisticamente semelhantes entre si e diferentes da solução endurecedora. Quanto as faces representadas no Gráfico 5.3.3., observa-se

que a maior dureza é apresentada na face interna da amostra.

5.4. RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

A seguir encontram-se as Tabelas 5.4.1., 5.4.2., 5.4.3., 5.4.4. e 5.4.5., referentes aos resultados obtidos no teste de resistência à compressão, sendo a Tabela 5.4.5. referente a análise de variância relativa a estes resultados.

Tabela 5.4.1. Resultados do teste de resistência à compressão, em Kg/cm^2 , das amostras de DURONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	211,36	197,15	181,25
2	222,72	291,47	214,20
3	210,31	309,09	259,65
4	277,84	372,15	259,09
5	327,27	456,81	333,52
6	198,86	292,61	196,02
7	232,95	298,29	247,15
8	244,31	421,59	269,88
9	328,40	438,06	278,40
10	346,59	457,38	288,63

Tabela 5.4.2. Resultados do teste de resistência à compressão, em Kg/cm^2 , das amostras de HEROSTONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	140,34	210,22	198,29
2	179,54	290,34	236,93
3	180,11	351,13	276,13
4	181,81	373,29	277,84
5	190,34	389,20	303,40
6	144,88	200,00	241,47
7	150,56	280,68	245,45
8	215,90	297,15	251,13
9	252,84	337,50	259,09
10	253,40	356,25	264,77

Tabela 5.4.3. Resultados do teste de resistência à compressão, em Kg/cm^2 , das amostras de SUPRASTONE.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	150,56	241,47	127,84
2	156,25	259,09	218,75
3	164,77	260,22	229,54
4	192,61	287,50	242,61
5	242,61	350,56	264,77
6	153,40	252,84	138,06
7	161,93	255,68	176,13
8	167,61	267,04	221,59
9	169,31	310,79	224,43
10	224,43	315,90	232,95

Tabela 5.4.4. Resultados do teste de resistência à compressão, em Kg/cm², das amostras de VEL-MIX.

AMOSTRA	GESSO+ÁGUA	GESSO+ SOLUÇÃO ENDURECEDORA	GESSO + ÁGUA ÓLEO
1	176,13	319,31	281,25
2	188,63	342,04	299,43
3	236,36	349,43	312,50
4	241,47	365,34	312,50
5	247,15	426,13	315,34
6	182,38	269,88	182,38
7	198,86	318,18	193,18
8	211,36	370,45	248,86
9	225,00	377,84	267,04
10	230,11	427,27	290,90

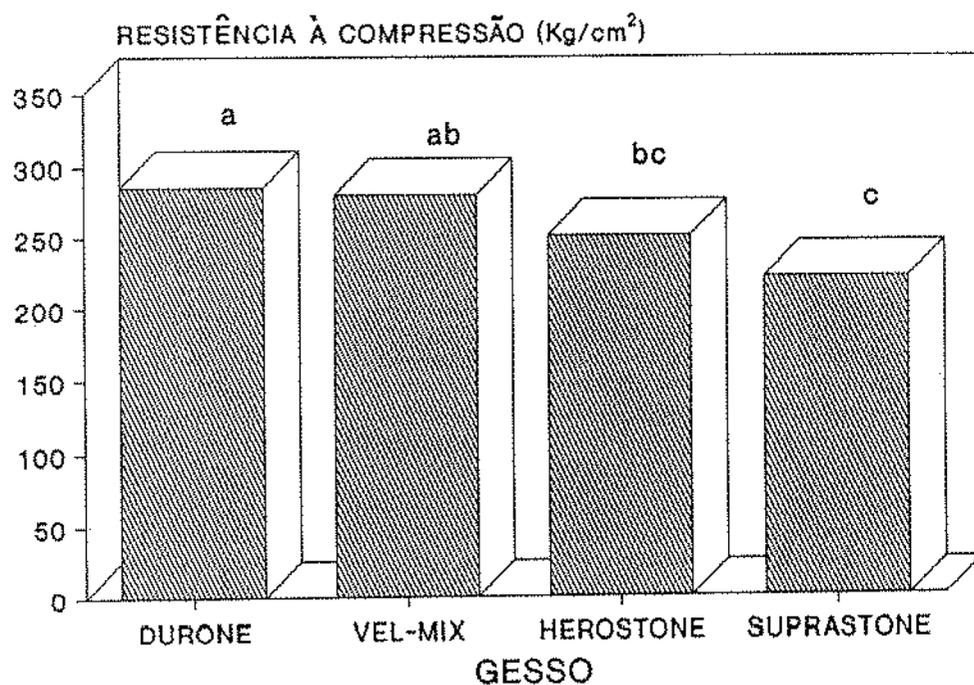
Tabela 5.4.5. Análise de variância.

CV	G. L.	S. Q.	Q. M.	VALOR F	PROB > B
GESSO	3	77780,3635236	25926,7945078	9,8109	0,00005*
SUBSTAN	2	259766,7004795	129883,3502398	49,1488	0,00001*

(*) Significância 5%
 (NS) Não significativo

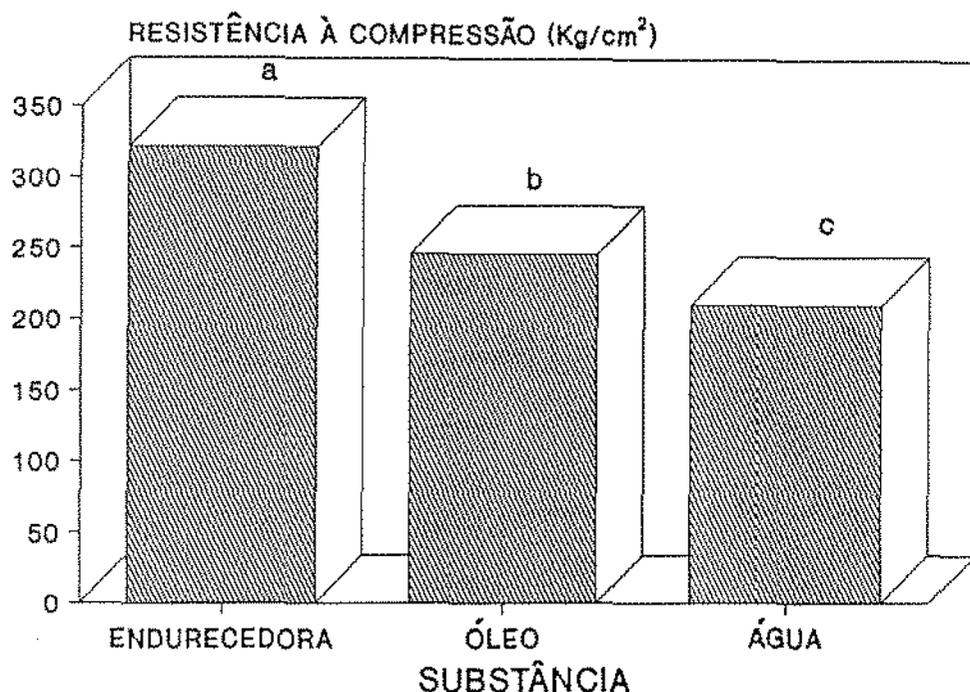
Com base na Tabela 5.4.5., relativa à análise de variância, observa-se que existe diferença significativa para médias de gesso e de substâncias.

Gráfico 5.4.1. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da resistência à compressão em Kg/cm² dos gessos estudados.



*Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

Gráfico 5.4.2. Representação gráfica dos níveis de probabilidade da resistência à compressão em Kg/cm^2 das substâncias estudadas.



* Barras seguidas por letras distintas diferem entre si, com significância de 5%.

De acordo com o Gráfico 5.4.1., o gesso Durone apresentou a maior resistência numérica à compressão, com valores semelhantes estatisticamente ao Vel-Mix. O Vel-Mix também apresentou semelhança estatística com o Herostone, que por sua vez mostrou diferença estatística com o Durone. Por outro lado, o Herostone apresentou semelhança estatística com o Suprastone, o qual apresentou menor resistência numérica à compressão. O Gráfico 5.4.2. mostrou que a solução endurecedora produziu maior resistência à

compressão, seguidos do óleo mineral e depois da água, todos diferentes entre si.

5.5. ASPECTOS DOS CRISTAIS DE GESSO

A Figura 11, p. 70, ilustra os aspectos observados em fotomicroscópio II, dos cristais de gesso frente as 3 substâncias utilizadas neste estudo. Esta figura mostra em "a" um cristal formado pela mistura água/gesso (Durone); em "b" um cristal formado pela mistura água/gesso + óleo (Durone); em "c" um cristal produzido pela mistura solução endurecedora/gesso + água destilada (Durone) e em "d" cristais formados na mesma condição de "c" sem água destilada (Durone).

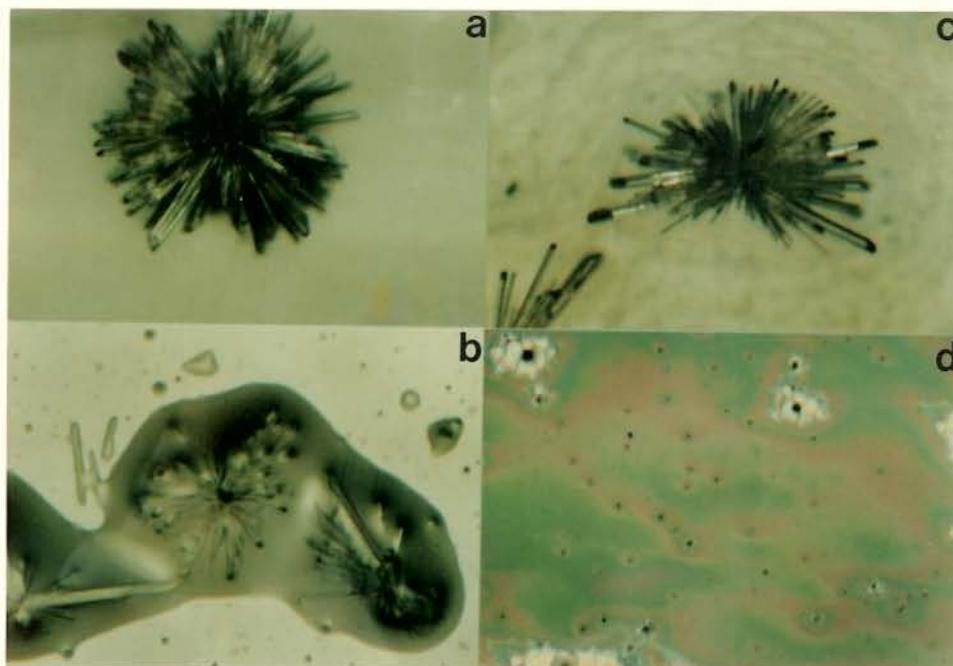


Figura 11 - Fotomicrografias dos cristais examinados 100x no nega_tivo.

a - Água destilada.

b - Óleo mineral.

c - Solução endurecedora - com água destilada.

d - Solução endurecedora - sem água destilada.

6 - DISCUSSÃO

6 - DISCUSSÃO

Basicamente são empregados três métodos para medir alteração dimensional de presa dos gessos, os quais apresentam algumas desvantagens. Esses métodos são: 1 - Medição por meio de micrômetro: apresenta o inconveniente de acumular erros em medições repetidas, devido ao atrito ou desgaste da superfície da amostra; 2 - Medição por meio de microscópio comparador: é o método preconizado pela ADA, que consiste na utilização do microscópio comparador, com o inconveniente de apresentar dificuldades práticas no alinhamento e na produção de marcas referenciais adequadas na amostra, assim como também a dificuldade para manter determinadas soluções de estudo confinadas na calha utilizada para este fim; e, 3 - Medição com micrômetro de mostrador, cuja sonda fica em contato com a amostra, a qual não pode ser removida, restringindo o tipo de amostras que podem ser medidas.

Com o propósito de evitar essas desvantagens, SWEENEY e TAYLOR¹⁹ desenvolveram um método, onde a alteração dimensional pode ser medida com grande sensibilidade, evitando os inconvenientes acima citados. Esse método consiste em medir a alteração dimensional do gesso, ocorrida entre as distâncias de três esferas metálicas dispostas numa das extremidades da amostra e uma outra na extremidade oposta. No entanto a nossa intenção foi simplificar ainda mais o método proposto por esses autores, utilizando dois fios de latão fixados no gesso, como pontos referenciais das alterações dimensionais obtidas.

Na Tabela 5.1.5., p. 48, referente à análise de variância dos resultados obtidos na alteração dimensional de presa, observamos que não existe diferença estatisticamente significativa em nível de 5% entre os três tratamentos do gesso assim como também entre os quatro tipos de gessos estudados.

Apesar de CONSANI e RUHNKE⁹ e PIPOLO¹⁶ terem notado que a solução endurecedora "Gypsum Hardener" provocou aumento estatisticamente significativo na alteração dimensional dos gessos por eles estudados, verificamos em nosso estudo que o produto endurecedor "Gypsum Hardener" pouco interferiu na expansão de presa, entretanto, quando o óleo mineral foi usado, houve discreta contração, que se apresentou com valores maiores do que quando a água destilada foi usada, (Gráfico 5.1.2., p. 50). No entanto, nossos resultados corroboram com os obtidos por JOHANSSON, ERHARDSON e WICTORIN¹⁰ que não verificaram influência significativa tanto na utilização do agente de mistura "Gypsum Hardener" quanto no método lubrificante pelo óleo mineral.

Por muito tempo considerou-se haver uma íntima correlação entre dureza, resistência compressiva e resistência abrasiva. Entretanto, ÖSTLUND¹³ estudou comparativamente a resistência à abrasão de alguns materiais com as respectivas durezas do tipo Brinell e verificou que os dois testes apresentavam valores consideravelmente diferentes. BAERECKE e MISKUNAS² também fizeram um estudo sobre dureza e resistência abrasiva, onde relataram que para medir dureza emprega-se força compressiva em profundidade, enquanto na abrasão produz-se uma ação tangencial sobre a superfície dos materiais com comportamentos quase sempre diferentes en-

tre superfície e profundidade.

Para testar a resistência à abrasão dos gessos, vários métodos foram analisados, dentre os quais, o método preconizado por ÖSTLUND¹², considerado o que mais se correlaciona com a prática odontológica. No entanto, este método requer uma aparelhagem de custo bastante alto, inacessível para a maioria dos laboratórios de pesquisa. Portanto, optamos pelo método utilizado na Faculdade de Engenharia de São Carlos, USP, o qual requer uma aparelhagem mais simplificada. Este método não simula exatamente o desgaste produzido na prática odontológica, porém, não deixa de ser uma indicação comparativa do grau de desgaste, sendo possível por seu intermédio também verificar a resistência à abrasão.

De acordo com os resultados obtidos neste teste, observamos no Gráfico 5.2.1., p. 54, que o gesso Durone apresentou melhor resistência à abrasão. O Gráfico 5.2.2., p. 55, mostra que os gessos manipulados com água destilada foram mais resistentes ao desgaste, seguidos dos manipulados com solução endurecedora e dos imersos em óleo mineral por 30 minutos, sendo que estes dois últimos não apresentaram diferença estatística entre si.

Assim, verificamos que os nossos resultados referentes a resistência à abrasão não estão de acordo com alguns apresentados na literatura consultada. Dentre eles, GOMES⁹ e SCHNEIDER e TAYLOR¹⁷ observaram que a solução "Gypsum Hardener" causou um aumento na resistência à abrasão dos produtos de gesso. Segundo SUFFERT e PESSOA¹⁸, a imersão em óleo mineral aumentou a resistência à abrasão dos gessos, embora PEYTON, LEIBOLD e RIDGLEY¹⁴ tenham verificado que o tratamento de imersão em óleo não melhorou

a resistência à abrasão desses produtos.

Esses resultados contraditórios talvez possam ser explicados com base no trabalho de LYON, MITCHELL e PATTERSON¹², onde avaliaram a resistência à abrasão dos gessos em um dia e em sete dias da mistura. Verificaram que os gessos para troquéis apresentaram menor resistência em um dia do que em sete dias. Os autores argumentaram que a água de mistura contida nos espaços intercrystalinos das amostras de um dia, talvez atuasse diminuindo o coeficiente de atrito na superfície do gesso. Assim, à medida que as amostras secam, qualquer efeito lubrificante da água intercrystalina pode ter desaparecido e a resistência à abrasão torna-se dependente unicamente da resistência do gesso.

Portanto, seguindo esse raciocínio é possível, por analogia, entender a ação da imersão em óleo mineral sobre a abrasão do gesso. Sendo assim, o óleo penetraria nos espaços intercrystalinos sub-superficiais, tornando a superfície da amostra mais friável, portanto menos resistente à abrasão.

Devido a tantos resultados controvertidos, resolvemos também verificar o comportamento desses métodos endurecedores frente às propriedades de dureza superficial e resistência à compressão, assim como os aspectos dos cristais resultantes.

Os resultados de dureza superficial podem ser observados nos Gráficos 5.3.1., p. 61; 5.3.2., p. 62; e, 5.3.3., p. 63. Verificamos que à semelhança dos dados apresentados no teste de resistência à abrasão, o gesso Durone também apresentou dureza superficial superior às demais marcas estudadas. Por outro lado, nos tratamentos endurecedores utilizados, a substância "Gypsum Hardener"

proporcionou maior dureza, seguida da água e óleo mineral, os dois últimos estatisticamente semelhantes entre si.

Outro dado interessante verificado com a solução endurecedora "Gypsum Hardener" foi o fato da dureza obtida na face interna da amostra ser maior do que na face externa. Portanto, a razão da solução endurecedora proporcionar maior dureza superficial deve-se provavelmente ao fato da substância formar uma película endurecida ao redor dos cristais de gesso (Figura 11-C, p. 70). Tudo leva a crer, que essa película interfere na formação dos poros, criando tensão superficial durante o crescimento cristalino dos gessos, resultando numa maior compactação da massa de gesso. Assim, no momento de registrar a dureza Knoop, o diamante encontraria uma superfície menos porosa e mais endurecida, o que conduziria ao aumento da dureza verificada. Então, esta hipótese torna-se relevante quando verificamos um decréscimo da resistência à dureza superficial no caso das amostras preparadas com água destilada e imersão em óleo mineral, onde existe presença marcante da formação porosa, promovendo menor dureza. Entretanto, a dureza promovida pela imersão em óleo mineral, embora, estatisticamente semelhante, apresentou numericamente menos resistência do que a produzida com água destilada. Este fato estaria baseado na suposição de que a superfície do gesso ficaria friável quando tratada com óleo mineral, diminuindo a dureza superficial. Por outro lado, quando analisamos o valor de dureza obtido pela face interna da amostra, verificamos que ela é mais resistente que o apresentado pela face externa, pois o óleo não penetrou nas regiões internas do corpo de prova, ficando apenas na região superficial. Este

dado parece comprovar a hipótese ora levantada.

Assim, os nossos resultados referentes ao teste de dureza superficial usando a solução endurecedora corroboram com os resultados apresentados por SCHNEIDER e TAYLOR¹⁷ e JOHANSSON, ERHARDSON e WICTORIN¹⁰ que também verificaram um aumento na dureza superficial dos gessos.

Nos estudos com imersão em óleo mineral, JOHANSSON, ERHARDSON e WICTORIN¹⁰ e PEYTON, LEIBOLD e RIDGLEY¹⁴ verificaram que esse tratamento causou um decréscimo na dureza superficial dos gessos. Este resultado também foi verificado em nosso trabalho, no entanto o decréscimo não foi estatisticamente significativo.

Quanto a resistência à compressão, observamos no Gráfico 5.4.1., p. 67, que o gesso Durone também apresentou melhores resultados. No Gráfico 5.4.2., p. 68, a substância endurecedora apresentou melhores resultados de resistência à compressão, seguida pela imersão em óleo e água destilada.

Outro fato a ser considerado é a consistência da massa do gesso, onde toda descontinuidade ou irregularidade estrutural provocará alteração localizada de resistência. Assim sendo, as amostras produzidas com água destilada (grupo controle e grupo imerso em óleo mineral), provavelmente apresentam-se com maior porosidade devido ao excesso de água requerido para mistura. O mesmo não aconteceu com as amostras produzidas com a solução endurecedora, cuja recomendação do fabricante foi utilizar uma proporção com 2 ml a menos do que a utilizada na proporção pó/líquido, com água destilada. Assim, a menor formação de poros promoveria

melhor resistência à compressão.

CONSANI e RUHNKE⁹, PIPOLO¹⁶, SCHNEIDER e TAYLOR¹⁷ e EAMES, EDWARDS e BUCK⁶ verificaram que a solução endurecedora "Gypsum Hardener" aumentou a resistência à compressão. FAIRHURST⁷ observou que a resistência à compressão das amostras imersas em óleo mineral, apesar de não exibirem diferença estatisticamente significativa, quando comparadas às preparadas somente com água destilada, apresentaram um discreto aumento. Entretanto, PEYTON, LEIBOLD e RIDGLEY¹⁴ verificaram que o tratamento de imersão em óleo diminuiu a resistência à compressão dos gessos.

Podemos aceitar que realmente a solução endurecedora funciona como película de carga entre os cristais de gesso, porém, não interferindo no aumento da resistência à abrasão, o que aconteceu com a resistência à compressão e dureza superficial.

Os cristais de gesso observados no fotomicroscópio estão representados na Figura 11, p. 70. No campo "a" notamos um núcleo de cristalização típico do gesso, bastante nítido, produzido pela mistura com água destilada; em "b", o gesso foi imerso em óleo mineral, que acabou envolvendo os cristais e criando uma relação indefinida com a superfície do cristal; em "c", notamos um cristal envolto por uma película da solução endurecedora, diluída com 0,1 ml de água destilada; e, em "d", verificamos a imagem da solução endurecedora alterando o crescimento dos cristais. Resultados semelhantes foram observados por CONSANI e RUHNKE⁹, onde verificaram que os cristais na presença da solução endurecedora "Gypsum Hardener" apresentavam-se envoltos pelos componentes químicos da solução.

7 - CONCLUSÃO

7 - CONCLUSÃO

Considerando os resultados obtidos e discutidos, julgamos válido concluir:

1. não houve diferença estatisticamente significativa na alteração dimensional de presa dos gessos, sob todas as variáveis estudadas.

2. houve diferença estatisticamente significativa quanto a resistência à abrasão, a saber:

2.1. *entre produtos*: a maior resistência à abrasão foi apresentada pelo Durone;

2.2. *entre tratamentos*: a maior resistência à abrasão foi obtida na mistura com água (controle), seguidos da solução en durecedora e imersão em óleo mineral, sendo que os dois últimos não apresentam diferença estatística entre si.

3. houve diferença estatisticamente significativa na resistência à dureza, a saber:

3.1. *entre produtos*: o Durone é semelhante ao Vel-Mix, que por sua vez, é semelhante ao Herostone, sendo todos diferentes do Suprastone, que apresentou o menor índice de resistência à dureza;

3.2. *entre tratamentos*: a solução endurecedora provocou a maior dureza, seguido da água (controle) e imersão em óleo mineral, sendo os últimos estatisticamente semelhantes entre si;

3.3. *entre faces*: a face interna apresentou maior dureza do que a face externa.

4. houve diferença estatisticamente significativa na resistência à compressão dos gessos, a saber:

4.1. *entre produtos*: o Durone é semelhante ao Vel-Mix e diferente do Herostone e Suprastone; o Vel-Mix é semelhante ao Herostone e diferente do Suprastone; o Herostone é semelhante ao Suprastone;

4.2. *entre tratamentos*: a solução endurecedora produziu a maior resistência à compressão, seguidos do óleo mineral e água, todos diferentes estatisticamente entre si.

5. os aspectos cristalinos foram os seguintes:

5.1. a mistura com água produziu núcleos de cristalização típicos do gesso;

5.2. a solução endurecedora interferiu no crescimento dos núcleos de cristalização;

5.3. o óleo mineral envolveu a superfície do núcleo cristalino, criando uma relação indefinida.

8 - RESUMO

8 - RESUMO

Os testes de alteração dimensional de presa, resistência à abrasão, dureza superficial e resistência à compressão, e os aspectos cristalinos dos gessos Tipo IV (Vel-Mix, Suprastone, Duro-ne e Herostone) foram verificados sob a influência das soluções endurecedora e imersão em óleo mineral.

Os valores de alteração dimensional de presa foram obtidos com micrômetro, da distância entre dois fios de latão fixados na amostra cilíndrica, nos tempos de cinco minutos e duas horas do início da espatulação.

Para o teste de resistência à abrasão foram usadas amostras com 12 mm de altura por 8,3 mm de diâmetro, ensaiadas após 48 horas em uma máquina do tipo pino sobre disco com configuração a dois corpos.

No teste de dureza superficial, as amostras com 12 mm de altura por 8,3 mm de diâmetro, foram submetidas ao ensaio após 48 horas, com penetrômetro de dureza Knoop.

No teste de resistência à compressão foram utilizadas amostras de 20 mm de altura por 10 mm de diâmetro, ensaiadas após 48 horas numa máquina universal LOS.

Os aspectos dos cristais de gesso foram verificados e fotografados com fotomicroscópio, a partir de soluções saturadas de: 1 - gesso em água destilada; 2 - gesso em solução endurecedora com e sem adição de uma gota de água destilada; e, 3 - primeira condição acrescida de uma gota de óleo mineral.

O autor concluiu que não houve diferença estatisticamente significativa no teste de alteração dimensional de presa dos gessos, sob todas as variáveis estudadas. No entanto, houve diferença estatisticamente significativa nos resultados do teste de resistência à abrasão, onde: a maior resistência foi apresentada pelo Durone; nos tratamentos, a maior resistência foi no grupo controle, seguidos da solução endurecedora e imersão em óleo mineral. Também houve diferença estatisticamente significativa no teste de dureza superficial, onde: o Durone foi semelhante ao Vel-Mix que por sua vez foi semelhante ao Herostone, mas todos foram diferentes do Suprastone; para os tratamentos, a solução endurecedora apresentou a maior dureza, seguido da água destilada e imersão em óleo mineral; e, as faces internas apresentaram maiores durezas do que as faces externas. Na resistência à compressão, o Durone foi semelhante ao Vel-Mix e diferente do Herostone e Suprastone, o Vel-Mix foi semelhante ao Herostone e diferente do Suprastone e o Herostone foi semelhante ao Suprastone; nos tratamentos, a solução endurecedora produziu a maior resistência, seguidos do óleo mineral e água destilada. A solução saturada com água produziu núcleos de cristalização típicos do gesso; a solução endurecedora interferiu no crescimento dos núcleos de cristalização; e, a superfície do núcleo cristalino foi envolvida pelo óleo, criando uma relação indefinida.

9 - "SUMMARY"

9 - "SUMMARY"

Four gypsum brands Type IV (Vel-Mix, Suprastone, Durone, and Herostone) were submitted to the setting methods hardness solution and mineral oil immersion to determine the setting expansion, abrasion resistance, surface hardness and compressive strength, and crystalin aspects.

The values of setting expansion were obtained through a micrometer, the distance between two brass threads established into a cylinder sample, in intervals of 5 min. and after 2 h from the beginning of mixing.

For the abrasion resistance test, samples of 12 mm of height and 8,3 mm of diameter were used, tested 48 h after being built in a testing device of pin on disk with configuration to two specimens.

In the surface hardness test, samples of 12 mm of height and 8,3 mm of diameter were used, submitted to the test 48 h, with Knoop hardness Indentator.

In the compressive strength test cylinder samples were also used measuring 20 mm of height and 10 mm of diameter, tested in a Universal LOS device, after 48 h.

The aspects of gypsum crystals were examined and photographed with photomicroscope, from saturated solutions of: 1 - gypsum in distilled water; 2 - gypsum in hardness solution, adding or not a drop of distilled water; and, 3 - the first condition, adding a drop of mineral oil.

The author concludes that there were no significant statistical difference in the test of setting expansion of gypsum, under all studied variables. However there was significant statistical difference in the results of abrasion resistance tests, where: the biggest resistance was presented by Durone; in the treatments, the biggest resistance was in the control group, followed by hardness solution and mineral oil immersion. There was also significant statistical difference in the surface hardness test, where: Durone was similar to Vel-Mix which was also similar to Herostone; for the treatments, hardness solution presented the highest hardness, followed by distilled water and mineral oil immersion; the internal faces presented higher hardness than the external faces. In the compressive strength, Durone was similar to Vel-Mix and different from Herostone and Suprastone; Vel-Mix was similar to Herostone and different from Suprastone; and Herostone was similar to Suprastone. In the treatments, hardness solution presented a higher strength, followed by mineral oil and distilled water. The saturated solution with water produced knots of crystallization, typical of gypsum; the hardness solution interfered in the formation of knots of crystallization, and the surface of crystallin knot was involved by oil, making an indefinite relation.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- 01 - AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Dental gypsum products; specification n° 25. In: _____ . Guide to dental materials and devices. 6. ed. Chicago, 1972. p. 253-258.
- 02 - BAERECKE, W.E., MISKUNAS, A.R. Dureza y resistencia abrasiva de los materiales para modelo. Trib. Odont., Buenos Aires, v. 54, n. 7-9, p. 180-182, 1970.
- 03 - CONSANI, S., RUHNKE, L.A. Influência do endurecedor químico sobre algumas propriedades físicas do gesso. Revta Ass. paul. Cirurg. dent., São Paulo, v. 29, n. 6, p. 34-39, Nov/Dec., 1975.
- 04 - CRAIG, R.G., O'BRIEN, W.J., POWERS, J.M. Materiais dentários: propriedades e manipulação; trad. por Kátia Dmytraczenko Franco, Simonides Consani e Luiz Antonio Ruhnke. 3. ed. Rio de Janeiro, Editora Guanabara, 1988. p. 132-133.

* De acordo com a NBR 6023 de AGO/1980, da Associação Brasileira de Normas Técnicas. Abreviaturas de Periódicos "World List of Scientific Periodicals".

- 05 - CRNKOVIC, O.R., CANALE, L.C.F., SANTOS, H.M. Análise da reprodutibilidade de uma máquina de ensaios de abrasão do tipo pino sobre disco. In: CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METAIS, 46., São Paulo, 1991. Anais... São Paulo, 1991. v. 4, p. 467-478.
- 06 - EAMES, W.B., EDWARDS JUNIOR, C.R., BUCK JUNIOR, W.H. Scraping resistance of dental die materials: a comparison of brands. Operative Dent., Seattle, v. 3, n. 2, p. 66-72, 1978.
- 07 - FAIRHURST, C.W. Compressive properties of dental gypsum. J. dent. Res., Chicago, v. 39, n. 4, p. 812-824, July/Aug., 1960.
- 08 - FUSAYAMA, T. Dimensional, form and hardness changes of dies for indirect dental technic. J. Am. dent. Ass., Chicago, v. 52, n. 2, p. 162-185, Feb., 1956.
- 09 - GOMES, E.L. Resistência ao desgaste, por corte, de gessos preparados com água ou "solução endurecedora" e com as idades de 1 ou 168 horas. Tese (Livre-Docência) - Curso de Odontologia, Universidade Federal do Ceará, 1973. 79p.

- 10 - JOHANSSON, E.G., ERHARDSON, S., WICTORIN, L. Influence of stone mixing agents, impression materials and lubricants on surface hardness and dimension of a dental stone die material. Acta odont. scand., Stockholm, v. 33, n. 1. p. 17-25, 1975.
- 11 - LAUTENSCHLAGER, E.P., CORBIN, F. Investigation on the expansion of dental stone. J. dent. Res., Chicago, v. 48, n. 2, p. 206-210, Mar/Apr., 1969.
- 12 - LYON, H.E., MITCHELL, R.J., PATTERSON, T.T. A comparison of abrasion resistance of dental stones. Dent. Mater., Washington, v. 3, p. 49-51, 1987.
- 13 - ÖSTLUND, S.G. Cutting resistance tests of die materials. J. prosth. Dent., St. Louis, v. 9, n. 3, p. 461-467, May/June, 1959.
- 14 - PEYTON, F.A., LEIBOLD, J.P., RIDGLEY, G.V. Surface hardness, compressive strength, and abrasion resistance of indirect die stones. J. prosth. Dent., St. Louis, v. 2, n. 3, p. 381-389, May, 1952.
- 15 - PHILLIPS, R.W. Materiais dentários de Skinner: 8. ed. Rio de Janeiro, Editora Interamericana, 1984. p. 302.

- 16 - PIPOLO, A. Influência da imersão em água sobre a resistência à compressão, resistência ao impacto e sobre as alterações dimensionais de gessos especiais para modelos e troquéis. Tese (Livre-Docência em Materiais Dentários) - Centro de Ciências da Saúde. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 1976. 59 p.
- 17 - SCHNEIDER, R.L., TAYLOR, T.D. Compressive strength and surface hardness of type IV die stone when mixed with water substitutes. J. prosth. Dent., St. Louis, v. 52, n. 4, p. 510-514, Oct., 1984.
- 18 - SÜFFERT, L.W., PESSÓA, E. Resistência à abrasão e resistência à compressão de materiais para modelos e troquéis: influência de sua imersão prévia em óleo. Revta Fac. Odont., Porto Alegre, v. 13-14, p. 155-172, 1971/1972.
- 19 - SWEENEY, W.T., TAYLOR, D.F. Dimensional changes dental stone and plaster. J. dent. Res., Chicago, v. 29, n. 6, p. 749-755, Dec., 1950.
- 20 - TORESKOG, S., PHILLIPS, R.W., SCHNELL, R.J. Properties of die materials: a comparative study. J. prosth. Dent., St. Louis, v. 16, n. 1, p. 119-131, Jan/Feb., 1966.

11 - APÊNDICE

11 - APÊNDICE (ANÁLISE ESTATÍSTICA)

11.1. ALTERAÇÃO DIMENSIONAL

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: FATORIAL

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

Nome dos Fatores

FATOR	NOME
A	GESSO
B	SUBST.

Quadro da Análise de Variância

CAUSAS DA VARIACÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	VALOR F	PROB. > F
GESSO	3	0,0073886	0,0024629	1,4363	0,24280
SUBST	2	0,0032472	0,0016236	0,9469	0,60272
GES*SUB	6	0,0062180	0,0010363	0,6044	0,72739
RESÍDUO	48	0,0823072	0,0017147		
TOTAL	59	0,0991610			

Média geral = -0,003017

Coefficiente de variação = 5,23%

Teste de Tukey para médias de gesso

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
HEROSTONE	15	0,000333	0,000333	a	A
SUPRASTONE	15	-0,007133	-0,007133	a	A
DURONE	15	0,012600	0,012600	a	A
VEL-MIX	15	-0,017867	-0,017867	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 0,04031

D. M. S. 1% = 0,04982

Teste de Tukey para médias de substância

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
GESSO + AG	20	-0,005250	-0,005250	a	A
GESSO + SE	20	0,006900	0,006900	a	A
G + A + ÓLEO	20	-0,010700	-0,010700	a	A

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D.M.S. 5% = 0,03170 D.M.S. 1% = 0,0413

11.2. RESISTÊNCIA À ABRASÃO

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: FATORIAL

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

Nome dos Fatores

FATOR	NOME
A	GESSO
B	SUBST.

Quadro da Análise de Variância

CAUSAS DA VARIÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	VALOR F	PROB. > F
GESSO	3	0,0143663	0,0047888	38,3582	0,00001
SUBST	2	0,0072446	0,0036223	29,0147	0,00001
GES*SUB	6	0,0018071	0,0003012	2,4125	0,03119
RESIDUO	108	0,0134831	0,0001248		
TOTAL	119	0,0369011			

Média Geral = 0,098988

Coefficiente de variação = 11,288%

Teste de Tukey para médias de gesso

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
DURONE	30	0,085367	0,085367	a	A
VEL-MIX	30	0,095433	0,095433	b	B
HEROSTONE	30	0,099417	0,099417	b	B
SUPRASTONE	30	0,115737	0,115737	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 0,00751 D. M. S. 1% = 0,00914

Teste de Tukey para médias de substância

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
GESSO + AG	40	0,088000	0,088000	a	A
GESSO + SE	40	0,104477	0,104477	b	B
G + A + ÓLEO	40	0,104488	0,104488	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 0,00592 D. M. S. 1% = 0,00739

11.3. DUREZA

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: FATORIAL

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

Nome dos Fatores	
FATOR	NOME
A	SUBSTAN
B	FACE
C	GESSO

Quadro da Análise de Variância

CAUSAS DA VARIACÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	VALOR F	PROB. > F
SUBSTAN	2	228404,8685579	114202,4342790	12,9242	0,00006
FACE	1	1379320,2286469	1379320,2286469	156,0960	0,00001
GESSO	3	350876,4149329	116958,8049776	13,2361	0,00001
SUB*GES	6	263460,7095456	43910,1182576	4,9693	0,00032
FAC*GES	3	261375,3626219	87125,1208740	9,8598	0,00005
RESIDUO	104	918981,1358158	8836,3570752		
TOTAL	119	3402418,7201212			

Média Geral = 607,843320

Coefficiente de variação = 15,465%

Teste de Tukey para médias de gesso

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
DURONE	30	682,413322	682,413322	a	A
VEL-MIX	30	621,829997	621,829997	ab	AB
HEROSTONE	30	595,333317	595,333317	b	BC
SUPRASTONE	30	531,796663	531,796663	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 63,24315 D. M. S. 1% = 77,05882

Teste de Tukey para médias de substância

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
GESSO + SE	40	667,504974	667,504974	a	A
GESSO + AG	40	591,629999	591,629999	b	B
G + A + ÓLEO	40	564,395001	564,395001	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 49,88025 D. M. S. 1% = 62,30572

Teste de Tukey para médias da face

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
INTERNA	60	715,054993	715,054993	a	A
EXTERNA	60	500,631657	500,631657	b	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 33,94325 D. M. S. 1% = 44,82888

11.4. RESISTENCIA A COMPRESSÃO

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL: FATORIAL

OBSERVAÇÕES NÃO TRANSFORMADAS

Nome dos Fatores

FATOR	NOME
A	GESSO
B	SUBSTAN

Quadro da Análise de Variância

CAUSAS DA VARI AÇÃO	G. L.	S. Q.	Q. M.	VALOR F	PROB. >F
GESSO	3	77780,3835235	25926,7945078	9,8109	0,00005
SUBSTAN	2	259766,7004795	129883,3502398	49,1488	0,00001
GES*SUB	6	20585,1728473	3430,8621412	1,2983	0,26336
RESÍ DUO	108	285406,5396020	2642,6531445		
TOTAL	119	643538,7964524			

Média Geral = 259,740230

Coefficiente de variação = 19,792%

Teste de Tukey para médias de gesso

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
DURONE	30	285,733333	285,733333	a	A
VEL-MIX	30	280,210327	280,210327	ab	A
HEROSTONE	30	250,975997	250,975997	bc	AB
SUPRASTONE	30	222,041325	222,041325	c	B

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 34,53880 D. M. S. 1% = 42,04724

Teste de Tukey para médias de substância

NOME	NUM. REPET.	MÉDIAS	MÉDIAS ORIGINAIS	5%	1%
GESSO + SE	40	322,160748	322,160748	a	A
G + A + ÓLEO	40	246,553497	246,553497	b	B
GESSO + AG	40	210,506491	210,506491	c	C

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ao nível de significância indicado

D. M. S. 5% = 27,24546 D. M. S. 1% = 34,00805