

MARIA CLEIDE MENDES CARNEIRO

**AVALIAÇÃO DA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E
RESISTÊNCIA A FLEXÃO DE TRÊS TIPOS DE RESINA
COMPOSTA INDIRETA APÓS VARIAÇÃO DE
TRATAMENTO DA SUPERFÍCIE**

Belém

2006

Maria Cleide Mendes Carneiro

**Avaliação da rugosidade superficial e resistência à flexão
de três tipos de resina composta indireta após variação
de tratamento da superfície.**

Dissertação apresentada ao Curso de
Odontologia da Universidade Federal do Pará,
para obter o título de Mestre, pelo Programa de
Pós-Graduação em Odontologia.

Orientadora: Profa. Dra. Eliza Burlamaqui
Klautau

Belém

2006

Catálogo-na-Publicação

Serviço de Documentação Odontológica

Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Pará

Carneiro, Maria Cleide Mendes

Avaliação da rugosidade superficial e resistência à flexão de três tipos de resina composta indireta após variação de tratamento da superfície. / Maria Cleide Mendes Carneiro; Orientadora: Eliza Burlamaqui Klautau – Belém, 2006. 113: fig.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de Concentração: Materiais Dentários) – Curso de Odontologia da Universidade Federal do Pará.

1. Materiais dentários 2. Resinas dentárias - testes

CDD 617.695

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE E COMUNICADO O AUTOR A REFERÊNCIA DA CITAÇÃO.

Belém, 30 / 05 / 2006.

Maria Cleide Mendes Carneiro

e-mail: cdcleidecarneiro@terra.com.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Carneiro MCM. Avaliação da rugosidade superficial e resistência à flexão de três tipos de resina composta indireta após variação de tratamento da superfície. Belém: Curso de Odontologia da UFPA; 2006.

Belém, 30/ 05/ 2006.

BANCA EXAMINADORA

1) Prof^a Dr^a Eliane Bemergui Alves

Titulação: Doutorado

Julgamento: _____ Assinatura: _____

2) Prof. Dr. Cícero Andrade Almeida

Titulação: Doutorado

Julgamento: _____ Assinatura: _____

3) Prof. Dr. Alfredo Júlio Fernandes Neto

Titulação: Doutorado

Julgamento: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esta obra a vocês, Felipe e Bosco, para que acreditem no valor de um sonho conquistado e a tenham como recompensa pelas horas em que estive ausente.

AGRADECIMENTOS

A Deus, acima de tudo, pela vida.

À Prof^ª Dr^ª Eliza Burlamaqui Klautau, pela competência e seriedade, compreensão e carinho, digna de uma verdadeira amiga em todos os momentos, mesmo os que para ela foram tão difíceis no transcorrer destes últimos anos, os meus maiores agradecimentos.

Ao Departamento de Materiais Dentários da USP-SP, em especial ao Prof. Dr. Paulo E. Capel Cardozo, pelo acolhimento, orientação e disponibilidade de seus conhecimentos na execução deste trabalho.

Aos amigos Antônio e Sílvio, técnicos responsáveis pelos equipamentos utilizados no Departamento de Materiais Dentários da USP-SP, o meu reconhecimento pelo valor que eles representam naquele departamento, sem os quais nada aconteceria.

Ao Sr. Walter Soares de Lima, técnico em mecânica do Departamento de Física dos Materiais e Mecânica do Instituto de Física e Mecânica da USP-SP, pela precisão e habilidade na confecção da matriz metálica idealizada.

Às amigas Mirtes e Rosa, secretárias do Departamento de Materias Dentários da USP-SP, pelo companheirismo dedicado.

Ao Prof. Manuel Ayres, pelos ensinamentos estatísticos tão valiosos, regados de uma simplicidade digna do verdadeiro mestre.

Ao Centro Universitário do Pará - CESUPA, na pessoa do Prof Dr. Oscar Faciola Pessoa, pelo incentivo e confiança.

Aos amigos Sandra Daher, Vaneska Galindo e Sandro Loretto, equipe de Dentística do Centro Universitário do Pará- CESUPA, pelo incansável apoio em todos os momentos.

À Heraeus Kulzer South América Ltda, nas pessoas de Simone Trigo e Larissa Fanucci, pelo material, equipamentos e laboratório utilizados na confecção das amostras de resina Signum.

A Ivoclar Vivadent Inc, na pessoa do Sr. Herbert, pelo equipamento cedido para a confecção das amostras de resina SR Adoro.

Aos meus amigos do Curso de Mestrado, pelos momentos de cumplicidade e grande companheirismo que passamos juntos.

"Não há nada como um sonho para criar o futuro"

Victor Hugo

Carneiro MCM. Avaliação da rugosidade superficial e resistência à flexão de três tipos de resina composta indireta após variação de tratamento da superfície.

Belém: Curso de Odontologia da UFPA; 2006.

RESUMO

Neste estudo avaliou-se a rugosidade superficial em corpos-de-prova confeccionados com três tipos de resinas indicadas para confecção de restaurações indiretas, SR Adoro (Ivoclar-Vivadent) (GA), Signum Matrix (Heraeus-Kulzer) (GSM) e Signum+ (Heraeus-Kulzer) (GSP), assim como a resistência à flexão após serem utilizados diferentes tratamentos de superfície com o propósito de se verificar a influência dos mesmos na resistência mecânica dos materiais. Obteve-se 120 corpos-de-prova de cada tipo de resina de acordo com as recomendações dos fabricantes, os quais foram divididos e tratados com: A- Jateamento com óxido de alumínio a 50µm por 6 s a 60-80 libras (Grupo Controle); B- Jateamento e silanização com Monobond (Ivoclar Vivadent) e Excite DSC (Ivoclar Vivadent); C- Jateamento e condicionamento com ácido ortofosfórico a 37% por 3 minutos e D- Jateamento, condicionamento e silanização. Após a execução do tratamento superficial, analisou-se os corpos-de-prova em rugosímetro Mytutoyo no parâmetro Ra e teste de flexão por compressão em três pontos em máquina de ensaio universal Kratos. Submeteu-se os dados observados à análise estatística, tendo como nível de significância 5% para a construção dos resultados. Os resultados mostraram um comportamento bastante coerente com o que é visto na literatura com relação à composição das resinas

estudadas, os quais apresentaram inicialmente lisura de superfície similar ($p>0.05$). Com a aplicação dos tratamentos de superfície, houve um comportamento bastante diversificado entre os materiais. Os grupos que receberam a aplicação de silano e adesivo apresentaram superfícies mais lisas e maiores valores de resistência flexural em todas as resinas. No entanto não houve correlação dos valores de rugosidade com a resistência flexural, a qual demonstrou ser maior nas resinas SR Adoro e Signum Matrix, sendo que nesta última, apenas após a silanização é que se observou melhoria deste aspecto flexural.

Palavras-chave: Resinas compostas – Propriedades – Materiais dentários – Teste de materiais.

Carneiro MCM. Assessment of roughness and flexural strength on three indirect resins after different surface treatments. Belém: Dentistry Course of UFPA; 2006.

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the roughness and flexural strength in indirect composites with different surface treatments. One hundred twenty specimens were made from each resin: SR Adoro (Ivoclar- Vivadent) (GA), Signum Matrix (Heraeus Kulzer) (GSM) and Signum+ (Heraeus Kulzer) (GSP), according their manufacturer's recommendations. The surface treatments applied was: **A-** sandblasting with alumina oxide 50µm for 6 s at 60-80 pounds (Control Group); **B-** sandblasting and silanization with Monobond (Ivoclar Vivadent) plus Excite DSC (Ivoclar Vivadent); **C-** sandblasting plus etching with orthophosphoric acid at 37% for 3 minutes and **D-** sandblasting plus etching plus silanization. After this, they were carried out on roughness analysis on Mitutoyo appliance on Ra parameter and tree-point flexural test on Kratos universal machine. The results were analyzed by ANOVA (Tukey), Kruskal-Wallis (Dunn). Besides T- couple test to compare the initial and final roughness, Linear Correlation Test of Pearson for verify the correlation between roughness and flexural strength with 5% for significance. Both of materials showed the same initial roughness ($p>0.05$), but with the surface treatments, there was a great behavior variation with them, but with silanization

could be take the smoothest surface among the groups. In spite of this, there wasn't correlation between roughness and flexural strength in none of the groups. The flexural strength was greater in SR Adoro and Signum Matrix, but the later showed better flexural strength only after silanization.

Key-words: Composites – Properties – Dental materials – Materials test.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 4.1– Resina do sistema SR Adoro (GA)	38
Figura 4.2 – Resina do sistema Signum Matrix (GSM)	39
Figura 4.3 – Resina do sistema Signum+ (GSP)	39
Figura 4.4 – Matriz metálica para a confecção dos espécimes	40
Figura 4.5 – Preenchimento da matriz com resina e posicionamento de tira de poliéster e placa de vidro	41
Figura 4.6 – Unidade de luz Quick (Ivoclar Vivadent)	42
Figura 4.7 – Unidade de luz e calor Lumamat 100 (Ivoclar Vivadent)	42
Figura 4.8 – Unidade de luz Heralight (Heraeus Kulzer)	43
Figura 4.9 – Unidade de luz estroboscópica UniXS (Heraeus Kulzer)	43
Figura 4.10 – Fixação dos corpos-de-prova em cera.....	44

Figura 4.11 – Monobond (Ivoclar Vivadent)	46
Figura 4.12 – Excite DSC (Ivoclar Vivadent)	46
Figura 4.13 – Rugosímetro SurfTest Mitutoyo	47
Figura 4.14 – Posicionamento das amostras na máquina de ensaio mecânico....	48
Figura 5.1 – Médias de rugosidade inicial (Ra) das resinas analisadas	53
Figura 5.2 – Rugosidade final obtida pelas 3 resinas nos 4 tratamentos de superfície executados	56
Figura 5.3 – Comparabilidade entre os tratamentos segundo p-valor, grupo Signum Matrix	60
Figura 5.4 – Comparabilidade entre os grupos segundo p-valor, grupo Signum+.....	61
Figura 5.5 – Comparação entre as três resinas segundo p-valor com tratamento A	62
Figura 5.6 – Comparação entre as três resinas segundo p-valor com tratamento C	65

Figura 5.7 – Comparação entre as três resinas segundo p-valor com tratamento D
.....66

Figura 5.8 – Comparação entre as três resinas segundo p-valor com os 4
tratamentos executados 68

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1- Média, desvio padrão e coeficiente de variação de RaI nas três resinas antes da aplicação dos tratamentos de superfície	52
Tabela 5.2 – Valores médios e desvio padrão em Ra, da rugosidade inicial (RaI) e rugosidade final (RaII), segundo o tratamento de superfície executado na resina SR Adoro.....	53
Tabela 5.3 – Valores médios e desvio padrão em Ra, da rugosidade inicial (RaI) e rugosidade final (RaII), segundo o tratamento de superfície executado na resina Signum Matrix	54
Tabela 5.4 - Valores médios e desvio padrão em Ra, da rugosidade inicial (RaI) e rugosidade final (RaII), segundo o tratamento de superfície executado na resina Signum+	54
Tabela 5.5 – Comparação das médias de rugosidade final (RaII) entre as três resinas, segundo o tratamento de superfície executado.....	55
Tabela 5.6 – Distribuição dos parâmetros estatísticos, no grupo SR Adoro	57

Tabela 5.7 - Distribuição dos parâmetros estatísticos dos subgrupos da resina Signum Matrix.....	58
Tabela 5.8 - Distribuição dos parâmetros estatísticos de acordo com os tratamentos da resina Signum+.....	58
Tabela 5.9 – Distribuição da comparabilidade das médias de flexão entre os quatro tratamentos das três resinas analisadas.....	59
Tabela 5.10 – Teste de Tukey e Kruskal-Wallis das três resinas frente aos quatro tratamentos de superfície	59
Tabela 5.11 – Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento A (jateamento)	61
Tabela 5.12 – Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento B (jateamento c/ silanização)	63
Tabela 5.13 – Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento C (jateamento e ácido s/ silanização)	64
Tabela 5.14 – Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento D (jateamento e ácido c/ silização).....	65

TABELA 5.15- Distribuição da comparabilidade das médias de flexão entre os quatro tratamentos das três resinas analisadas.....67

TABELA 5.16- Comparação das médias de resistência em MPa verificadas após os tratamentos de superfície em todas as resinas..... 68

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MPa	megapascal
Ra	rugosidade média
Ral	rugosidade média inicial
Rall	rugosidade média final
MEV	microscopia eletrônica de varredura
mm	milímetro
min	minuto
s	segundo
µm	micrometro
Nm	nanômetro
N	newton
°C	graus Celsius
ISO	International Standard Organization
GA	grupo SRAdoro
GSM	grupo Signum Matrix
GSP	grupo Signum+

A	jateamento sem silanização
B	jateamento com silanização
C	jateamento e ácido sem silanização
D	jateamento e ácido com silanização
BisGMA	bisfenol A-diglicidil-dimetacrilato
TEGDMA	dimetacrilato trietileno-glicol
UDMA	dimetacrilato de uretano
IFT	teste flexural ISO 4049
MFT	mini-teste flexural
Al ₂ O ₃	óxido de alumínio

SUMÁRIO

	p.
1- INTRODUÇÃO	20
2- REVISÃO DE LITERATURA	24
3- PROPOSIÇÃO	35
4- MATERIAL E MÉTODOS	37
4.1 Confeção dos corpos-de-prova	38
4.2 Tratamento de superfície aplicado	44
4.3 Análise da rugosidade de superfície	46
4.4 Avaliação da resistência à flexão	48
4.5 Análise estatística	49
5- RESULTADOS	50
5.1 Rugosidade Superficial	52
5.2 Resistência Flexural	57
6- DISCUSSÃO	70
7- CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS	92
APÊNDICES	101

1 INTRODUÇÃO

1 INTRODUÇÃO

A evolução dos materiais restauradores permitiu uma ampliação das possibilidades no campo da estética em Odontologia. Atualmente encontramos materiais que muito se aproximam das características da estrutura do dente natural sendo possível atender às exigências de nossos pacientes com a segurança de um trabalho eficaz e duradouro.

Com relação às resinas compostas, devido às suas propriedades adesivas, que permitem uma economia considerável de desgaste, ligadas ao custo relativamente baixo, em comparação com as restaurações de cerâmica, ocorreu uma busca pelo seu aprimoramento, sendo hoje possível a sua aplicação em situações de maior destruição coronária, mesmo em dentes posteriores onde a necessidade de resistência de qualquer material restaurador é maior.

Esta categoria de material que agrega vantagens das cerâmicas com as dos compósitos, denominada de cerômero, foi representada nesta pesquisa pelas marcas comerciais SR Adoro (Ivoclar-Vivadent), Signum Matrix (Heraeus Kulzer) e Signum+ (Heraeus Kulzer), as quais são indicadas para restaurações do tipo *onlay* e *inlay*, coroas totais e facetas indiretas pelos fabricantes. A resina do tipo Signum+ sofreu modificações em sua composição, o que deu origem a sua nova apresentação, a Signum Matrix, composta de partículas de carga nanométricas, a qual foi introduzida no mercado no final do ano de 2005.

O grande interesse pelo estudo das resinas compostas se justifica pelas vantagens que essas restaurações apresentam em relação às cerâmicas, como o efeito de resiliência na distribuição de cargas mastigatórias, fácil ajuste, além da possibilidade de reparos na boca, excelente polimento, e resistência ao desgaste similar à do dente.

Resinas compostas são sólidos com um complexo comportamento viscoelástico. Quando submetidas a uma carga instantânea que gera tensão abaixo do limite elástico, estes materiais sofrem deformação elástica que é prontamente recuperada quando a carga é removida. Se a força é aplicada por um certo período de tempo, este material começa a apresentar deformação viscoelástica caracterizada por uma combinação de deformação elástica, que é recuperada após a remoção da carga, e uma deformação viscosa permanente. A resposta à aplicação de carga é dependente do conteúdo de partículas de carga, química da matriz e grau de conversão. (BRAGA *et al*, 2005)

Os materiais com alto grau de conversão sofrem menos deformação devido ao melhor emaranhamento da cadeia polimérica e alta densidade de ligações cruzadas que impedem o movimento das cadeias na rede de polímeros.

A polimerização realizada em laboratório garante uma grande conversão dos monômeros podendo chegar até a 80% em algumas resinas (KAKABOURA *et al*, 2003) e por isso a superfície livre necessária para a ligação adesiva do agente cimentante fica comprometida.

Algumas técnicas e substâncias são empregadas com a finalidade de criar irregularidades que garantam a micro-retenção, e assim permitam uma cimentação mais eficaz. No entanto, a alteração que essas substâncias promovem

na estrutura da restauração talvez possa diminuir sua resistência frente às cargas mastigatórias. Sendo assim, torna-se pertinente uma avaliação das alterações estruturais de superfície e a análise da resistência à flexão após o tratamento superficial desse material previamente à cimentação, assim como uma avaliação da possível recuperação das propriedades mecânicas, conseguidas através da silanização e aplicação de adesivo, etapa preconizada previamente a aplicação do agente cimentante.

Segundo a revisão de literatura, constata-se a influência que o tratamento da superfície interna das restaurações em resina indireta podem exercer na adesividade destas com o agente cimentante. No entanto, as alterações estruturais provocadas por algumas substâncias utilizadas para esta finalidade parecem promover uma queda na resistência final das restaurações. Como este fato pode interferir na qualidade de adesão e levar ao insucesso do tratamento, torna-se importante estudar a possibilidade de se empregar procedimentos que possam ser realizados na intenção de melhorar a adesão deste material ao substrato dentário, sem, contudo alterar sua resistência.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2- REVISÃO DA LITERATURA

A valorização dos procedimentos restauradores estéticos tem sido o principal objetivo da odontologia moderna. Os novos materiais introduzidos para esta finalidade nos permitem a confecção de restaurações mais conservadoras, além do restabelecimento morfofuncional da estrutura dental, fundamental para o bom desempenho do sistema estomatognático (BANDEIRA *et al.*, 1998)

Na realidade o interesse por restaurações estéticas não é um fato recente, tendo sido relatada a introdução das inlays em cerâmica na Odontologia em 1882, antes mesmo do amálgama (BLANCK, 2000).

Após o surgimento das resinas compostas, em 1963, e sua associação ao condicionamento ácido, as possibilidades de aplicação clínica destes materiais se multiplicaram, dando início a uma fase de valorização estética na Odontologia. A partir dessa época surgiram várias marcas comerciais de resina composta, todas quimicamente ativadas, e, sendo compósitos macroparticulados, algumas limitações eram observadas, dentre as quais se destacavam a baixa estabilidade de cor e resistência ao desgaste, além de alta sensibilidade pós-operatória que ocorriam em função do tamanho das partículas de carga (DIAS DE SOUZA *et al.*, 2003).

A crescente preferência por materiais estéticos logo nos levou à aplicação destes em restaurações posteriores passando a resina composta por uma fase de aprimoramento em sua composição que garantisse sua utilização com segurança

em restaurações diretas. No entanto, ainda assim, devido às limitações destes materiais em função de suas características e propriedades, seu emprego era crítico em situações de grandes destruições onde a exigência de reconstrução era maior, havendo a necessidade do desenvolvimento de novos materiais, os quais tendo suas propriedades físicas melhoradas pela incorporação de alta quantidade de carga e inclusão de monômeros multi-funcionais com mais sítios de ligação, aumentando as cadeias de polimerização com cura por calor, pressão e ambientes livres de oxigênio, apresentavam uma maior resistência (HIRATA *et al.*, 2000)

A primeira geração de resinas laboratoriais consistia de micropartículas, cujas propriedades eram: baixa resistência flexural, representada por 60 a 80 MPa; baixo módulo de elasticidade, 2.000 a 3.500 MPa; alta contração de polimerização; baixa resistência à abrasão; instabilidade de cor e baixa porcentagem de partículas inorgânicas (PICK *et al.*, 2002).

A segunda geração de resinas compostas laboratoriais compreende as resinas compostas microhíbridas com alta densidade de partículas cerâmicas, em torno de 66%, além de apresentar resistência flexural que varia de 120 a 160 MPa, baixa contração de polimerização, capacidade de adesão à subestrutura de metal e resistência à abrasão similar à do esmalte (DIAS DE SOUZA *et al.*, 2003).

Esses materiais denominados de *polyglass* ou cerômero são adaptações de resina composta para uso direto, com diferença principalmente na forma de polimerização, que por apresentar uma polimerização adicional secundária, reflete uma cura mais completa apresentando-se mais efetiva por atingir o grau de

conversão dos monômeros muito maior, otimizando suas propriedades físicas e mecânicas (HIRATA *et al.*, 2000; DIAS DE SOUZA *et al.*, 2003).

Toda resina composta por metacrilatos multifuncionais apresentam melhora acentuada na resistência ao desgaste (AQUINO *et al.*, 2002). Esses monômeros apresentam 4 a 6 sítios para ligação durante a polimerização, possibilitando assim a formação de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas. O produto final polimerizado consiste em uma estrutura macromolecular complexa e irreversível, como uma rede tridimensional, de densidade superficial elevada e propriedades mecânicas similares às dos dentes. Quanto mais regular e compacta a rede polimérica, maior é a força de atração intermolecular e melhores são as características mecânicas do material. Isto é alcançado através da incorporação de monômeros multifuncionais, mas o grau de conversão em polímeros é de grande importância e por isso o processo de polimerização é feito, além da luz, catalisador principal da reação em todos os sistemas de resinas disponíveis, calor e pressão (GOMES *et al.*, 2002; GOMES *et al.*, 2004).

Além dos monômeros multifuncionais e o tipo de sistema de polimerização, outros fatores importantes afetam o desempenho mecânico das resinas, como o tamanho e a quantidade em peso das partículas de carga (CARREIRO *et al.*, 2004).

Chibinski, Gomes e Pereira (2003), definiram as resinas indiretas de uma maneira simples como sendo a combinação de resina composta microhíbrida com elevada porcentagem de carga cerâmica, o que garante uma densidade superficial elevada e propriedades físicas e elasticidade bastante similares ao dente natural atuando com resiliência adequada para não transmitir ao dente e ao periodonto o

impacto das forças mastigatórias. Sendo sua polimerização realizada em laboratório, ocorre uma redução dos efeitos de contração e, conseqüentemente, a microinfiltração é reduzida.

Ellakwa *et al.* (2003), relataram uma tendência ao fracasso na união restauração/agente cimentante, após a cimentação, maior que na interface dente/agente cimentante, o que clinicamente reflete em descoloração marginal e deslocamento da restauração. Na verdade, a adesão da restauração ao substrato dentário depende da retenção mecânica do agente cimentante nos túbulos dentinários, através da aplicação prévia do adesivo, e da adesão química entre o cimento adesivo e a restauração a ser cimentada.

Krämer, Lohbauer e Frankenberger (2000), consideraram que uma das dificuldades que se encontra para se obter uma adesão duradoura é a grande complexidade visto que diferentes substratos precisam ser interconectados, como esmalte, dentina e material restaurador.

Segundo Ellakwa *et al.* (2003), a polimerização secundária aumenta a conversão da resina composta indireta e com isso melhora sua resistência, porém, devido à conversão quase total, não resta carbono livre para uma reação de adesão química com o cimento resinoso sendo necessário um tratamento na superfície interna da restauração com a intenção de melhorar a ligação micro-mecânica antes da cimentação definitiva da peça com cimento resinoso dual.

Para Peutzfeldt (2001), a ligação química se dá através da reação dos monômeros do cimento resinoso com as duplas ligações não reagidas de polímeros presentes na superfície da *inlay*, que apresenta redução significativa de ligações duplas livres quando é feita a polimerização adicional, o que compromete

muito a adesão. Por isso é aconselhável que se faça um tratamento mecânico que promova melhor aderência.

Vários estudos têm relatado o jateamento com óxido de alumínio (50 μm) como tratamento mecânico de superfície (SHORTALL, BAYLLIS e WILSON, 1996; PEUTZFELDT & ASMUSSEN, 2000). Apesar de a silanização não influenciar na efetividade da adesão nesta situação, o tratamento mais efetivo para se executar a cimentação é o jateamento seguido da aplicação do silano, pois o mesmo inibe a degradação marginal inicial.

Bouschliecher, Cobb e Vargas (1999), constataram que a retenção mecânica representada pelo jateamento da superfície é o fator mais importante no reparo de resinas e que a aplicação de adesivo, com ou sem silano, representa um procedimento eficaz para o aumento da força de adesão, pois o mesmo além de se ligar quimicamente com a matriz do agente cimentante resinoso, envolve as partículas inorgânicas da resina e imbrica mecanicamente nas microfendas da matriz jateada. Sabe-se que a maior força de adesão nas resinas indiretas é proporcional à rugosidade promovida pelo tratamento da superfície (HUMMEL *et al.*, 2005). O jateamento, além de promover a rugosidade que facilita o embricamento mecânico do adesivo, remove a matriz de resina, expondo partículas de carga na superfície do compósito para a silanização. O silano é um agente de união, mas a silanização sem qualquer tratamento prévio não produz uma força de adesão adequada (SOARES *et al.*, 2004). Martín, López e Rodríguez de Mondelo (2001), avaliando a força de adesão de resinas híbrida e de micropartículas variando a técnica de tratamentos de superfície, encontraram melhores resultados quando foi utilizado o jateamento, o qual foi, numa avaliação

em MEV, mais agressivo na resina de micropartículas e relataram que quando utilizado apenas o condicionamento ácido, os valores de adesão foram menores em comparação ao jato abrasivo, no entanto, após a aplicação do agente de união composto de monômeros multifuncional pós-condicionamento, houve aumento da força de adesão independente do tipo de resina. Neste trabalho, independente do tipo de tratamento utilizado, os autores realizaram a aplicação do ácido fosfórico seguido de lavagem e secagem dos espécimes.

Faria (2001), estudou a resistência de união de uma resina indireta variando o tratamento de superfície aplicado e encontrou os melhores resultados quando utilizou o jato com óxido de alumínio e silano. Este autor verificou também que a silanização pode melhorar a força de união promovida pelo microjateamento e condicionamento com ácido fosfórico. Os mesmos resultados foram obtidos por Swift Jr, Brodeur e Cvitko (2003), ao compararem vários tipos de tratamento de superfície com relação à adesão de restaurações de resinas indiretas em esmalte, onde encontraram os maiores valores de união quando usado o jateamento com silanização. O ácido fluorídrico causa um efeito deletério à superfície da restauração de resinas indiretas, comprometendo os valores de sua adesão e, portanto, não deve ser utilizado com esse material (SWIFT JR, BRODEUR e CVITKO, 2003; SOARES *et al.*, 2004; HUMMEL *et al.*, 2005). Kula *et al.* (1986), analisaram o efeito da aplicação de flúor fosfato acidulado em resinas compostas com diferentes composições e observaram que, independente do tipo de carga, houve uma alteração de superfície, a qual foi resultado de uma degradação na interface entre a matriz resinosa e as partículas de carga. Hummel *et al.* (2005)

observaram em MEV os padrões de rugosidade de superfícies de resina direta e indireta que receberam como tratamento o jateamento, o ácido fosfórico, o ácido fluorídrico e combinações dos três tratamentos. Concluíram que com o jateamento seguido da aplicação do ácido consegue-se um padrão de rugosidade superficial mais regular. Estes autores observaram também, comparando valores de resistência ao cisalhamento, que quando foi utilizado apenas o ácido fosfórico ou o ácido fluorídrico, sem o jateamento, maior foi o número de falhas adesivas, atribuídas ao fato de que o ácido sozinho não tem a capacidade de produzir rugosidade suficiente para criar retenção mecânica no material.

Quando um material restaurador é utilizado em região posterior, está sujeito a forças de compressão e flexão impostas pelo elemento dental antagonista, principalmente se for em dentes posteriores, onde a força mastigatória é maior.

Willems *et al.* (2003), classificando compósitos para uso posterior concluíram que os melhores até então são os compósitos formados de partículas ultrafinas compactadas, devido sua rugosidade de superfície, conteúdo de carga, dureza superficial e resistência a compressão comparável ao conjunto esmalte e dentina.

A introdução da nanotecnologia garante uma otimização nas qualidades da resina composta, inclusive na reprodução de lisura superficial mais compatível com a do esmalte, o que traz benefícios quando na realização de restaurações dentárias (WARD, 2005). O material poderá se chamar de procedente da nanotecnologia se ele for desenvolvido por pesquisa nos níveis atômicos, molecular ou macromolecular, na escala de tamanho na faixa de

aproximadamente 1 a 100 nanômetros (100 nanômetros equivalem a 0.1 micrometro ou μm) (PERDIGÃO, 2005).

Estudos feitos para determinar a força empregada durante uma mordida, e a força máxima sustentada, durante 2 segundos, mais comumente verificada foi de aproximadamente 756N, variando de acordo com a área da boca e de um indivíduo a outro. Aplicando uma força de 756N a uma ponta de cúspide em cima de uma área equivalente a 0.039cm^2 , a tensão compressiva é de 193Mpa, sendo que a tensão é inversamente proporcional à área (CASTRO FILHO, GARCIA e NEISSER, 2000). Para que uma resina indireta tenha um bom desempenho clínico, há necessidade de ter resistência flexural elevada, acima de 120 MPa (CHÁVEZ & HOEPPNER, 1998).

A resistência à flexão é também conhecida como resistência transversa, resistência transversal ou módulo de ruptura. O teste mecânico reflete a somatória de todos os tipos de tensões agindo simultaneamente sobre a amostra. Quando uma carga compressiva é aplicada sobre o corpo-de-prova, ocorre o dobramento, acarretando em diminuição da dimensão linear no topo da superfície (tensão de compressão) e aumento na base (tensão de tração) (SINHORETTI *et al.*, 2000). Além disso, ocorre tensão de deslizamento dos planos inclinados no interior dos corpos-de-prova (ANUSAVICE, 1996).

O teste de resistência à flexão tem sido escolhido para o estudo dos materiais restauradores, por mostrar-se mais eficiente na detecção de alterações mecânicas na estrutura do material por resultar em forças mais complexas do que o teste de resistência à compressão (SINHORETTI *et al.*, 2000).

A resistência à flexão pode ser avaliada por dois tipos diferentes de ensaio de flexão: usando o teste flexural ISO 4049 (IFT) ou o teste mini-flexural (MFT). A diferença entre eles está no tamanho do espécime a ser avaliado (25x2x2mm no IFT e 12x2x2 no MFT) e na distância entre os suportes de apoio (20mm no IFT e 10mm no MFT).

Na avaliação de resistência à flexão de quatro tipos de diferentes marcas de compósitos para restaurações diretas (Silux Plus, Z100, Ariston e Surefil), Yap & Teoh (2003), encontraram uma correlação forte e positiva entre os dois tipos de teste ($r = 0.95$).

A fabricação dos espécimes para o teste MFT tem a vantagem de ser mais fácil e econômica, e por isso permite a confecção de uma maior quantidade de corpos-de-prova, o que viabiliza um resultado mais preciso quando se tem um número maior de variáveis no ensaio laboratorial. Um outro fator a ser considerado é a maior possibilidade de falhas durante a confecção dos espécimes. Várias emissões de luz são necessárias para a fotopolimerização, pois a janela de saída de irradiação de luz dos aparelhos fotopolimerizadores clínicos são menores que 25mm. Isso faz com que não se tenha uma polimerização inicial homogênea em todo o corpo-de-prova. Além disso, as dimensões são mais próximas da realidade clínica no caso do teste mini-flexural, que é considerado melhor que o teste ISO 4049 para validar compósitos restauradores para aplicações clínicas. O diâmetro méso-distal em molares é de aproximadamente 11mm e a altura cévico-incisal em incisivos é aproximadamente 13mm (PALIN, FLEMING e MARQUIS, 2005).

A resistência à flexão é uma propriedade mecânica selecionada pela Organização Internacional de Estandartização (ISO), para classificar os materiais

restauradores resinosos. Ela tem sido indicada por ser o teste mais detalhado e mais sensível a mudanças sutis em materiais do que a força de compressão (teste de dureza). O teste de resistência à flexão pode ser conduzido usando-se aplicação de carga em três ou quatro pontos. A diferença fundamental está na localização do momento de máximo dobramento e do máximo estresse das fibras axiais do corpo-de-prova, que no caso do teste em três pontos ocorre diretamente abaixo do ponto de carga, enquanto que no teste de quatro pontos ela é espalhada sobre a área entre os pontos de aplicação da carga (CHITCHUMNONG, BROOKS e STAFFORD, 1989).

A utilização do teste de quatro pontos pode ser relevante quando se utilizar um comprimento de viga considerável que estará sujeito a um sistema de estresse que não admita uma concentração próxima no ponto de aplicação, sendo, portanto, imprescindível sua melhor distribuição. Além disso, ele é pouco utilizado rotineiramente devido à maior dificuldade de sua aplicação experimental. De qualquer forma, não há relato de valores para materiais restauradores poliméricos usando teste de quatro pontos (CHITCHUMNONG, BROOKS e STAFFORD, 1989).

Vários estudos de avaliação das propriedades de materiais resinosos utilizam o ensaio em três pontos, que parece uma opção que segue melhor a literatura, sendo inclusive a recomendação para testes de resistência à flexão para resinas indiretas (ISO 4049:2000).

3 PROPOSIÇÃO

3 PROPOSIÇÃO

Com base na literatura pesquisada os objetivos deste trabalho de pesquisa são:

- Analisar a rugosidade superficial em três resinas compostas indiretas frente a quatro diferentes tratamentos de superfície.
- Investigar após os tratamentos de superfície qual o responsável pela maior resistência à flexão nos três tipos de resina indireta analisadas.
- Investigar a influência da utilização de silanização na resistência flexural das três resinas indiretas estudadas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4- MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Confeção dos corpos-de-prova

Neste estudo os corpos-de-prova foram confeccionados utilizando-se três tipos de resina laboratorial cujos fabricantes indicam a mesma técnica de confecção das restaurações do tipo inlay e onlay, coroas totais e facetas indiretas. Devendo-se confeccionar o corpo em resina para dentina, cobrindo-se de resina incisal: SR Adoro (Ivoclar-Vivadent), Signum Matrix (Heraeus-Kulzer) e Signum+ (Heraeus-Kulzer).

O grupo formado por SR Adoro (GA), representa uma resina que é encontrada e consumida no mercado odontológico, com resina incisal própria, desenvolvida para aplicação sobre dentina do mesmo sistema.



Figura 4.1: Sistema SR Adoro (Ivoclar/Vivadent)

O grupo formado pela resina Signum Matrix (GSM), representa um material que se originou por modificações estruturais na resina incisal, obtida pela nanotecnologia, a partir de uma formulação anterior, a qual passou por alterações na sua formulação, e que propõe melhorias em suas propriedades físico-mecânicas.



Figura 4.2- Sistema Signum Matrix (Heraeus Kulzer)

O grupo formado pela resina Signum+ (GSP), deu origem à Signum Matrix.



Figura 4.3- Sistema Signum+ (Heraeus Kulzer)

Os corpos de prova foram confeccionados para cada tipo de material usando-se uma matriz de aço inoxidável com base retangular medindo 2 mm de altura x 2 mm de largura x 12 mm de comprimento , utilizada para a padronização dos mesmos (Figura 4.4). Em todos os sistemas a cor da resina foi B2 para dentina e a cor correspondente para incisal de cada sistema, TS1 para SR Adoro e OS1 para Signum Matrix e Signum+.

A colocação da resina foi realizada inserindo-se primeiramente 1 mm de resina para dentina em toda a extensão do fundo da matriz, o que foi medido com a ajuda de uma sonda milimetrada. Após a pré-polimerização por 10 segundos desta primeira camada, se inseriu a resina incisal até o preenchimento total da matriz completando 2 mm de altura.

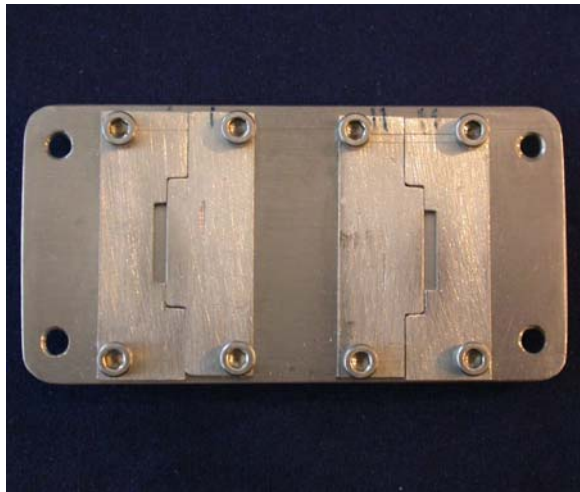


Figura 4.4- Matriz metálica para confecção dos espécimes

Cobriu-se com uma tira de matriz de poliéster e uma placa de vidro que sendo pressionada permitiu o extravasamento do excesso de material, eliminando possíveis bolhas e conferindo uma excelente lisura de superfície em todos os corpos-de-prova (Figura 4.5). Assim, realizou-se a pré-polimerização antes da polimerização final recomendada pelos fabricantes, seguindo as instruções de uso de cada equipamento específico para cada um dos sistemas.

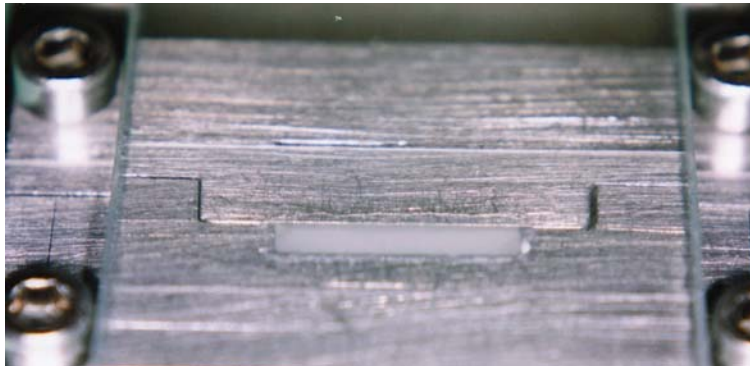


Figura 4.5- Preenchimento da matriz com resina e posicionamento de tira de poliéster e placa de vidro

Para a pré-polimerização do sistema SR Adoro (Ivoclar/Vivadent), utilizou-se uma unidade de luz halógena específica para este sistema de resina, Unidade Quick (Ivoclar-Vivadent) (Figura 4.6), com incidência de luz por um tempo de 30 segundos direcionada para a superfície do corpo-de-prova ainda pressionado pela placa de vidro. Após esta pré-polimerização, removida a placa e a matriz de poliéster, retirou-se o corpo-de-prova da matriz metálica, lubrificou-se os mesmos com gel à base de água (KY Gel–Johnson & Johnson) e levou-se à unidade de polimerização final Lumamat 100 (Ivoclar-Vivadent) (Figura 4.7), por um tempo de 25 minutos.



Figura 4.6- Unidade de luz Quick (Ivoclar-Vivadent)

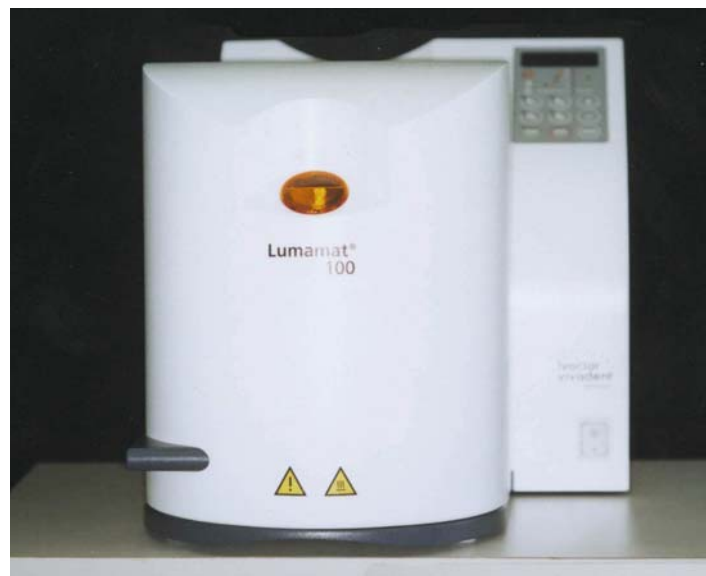


Figura 4.7- Unidade Lumamat 100 (Ivoclar-Vivadent)

Para a pré-polimerização das resinas Signum Matrix e Signum+ (Heraeus-Kulzer), utilizou-se uma unidade de luz halógena específica para este sistema de resina, Unidade Heralight (Heraeus-Kulzer) (Figura 4.8), com incidência de luz por um tempo de 90 segundos, direcionada para a superfície do corpo-de-prova ainda

pressionado pela placa de vidro. Após esta pré-polimerização, removida a placa e a matriz de poliéster, retirou-se o corpo-de-prova da matriz metálica e este foi levado à unidade de polimerização final UniXS (Heraeus-Kulzer) (Figura 4.9), por um tempo de 180 segundos.



Figura 4.8- Unidade Heralight (Heraeus-Kulzer)



Figura 4.9- Unidade UniXS (Heraeus-Kulzer)

Foram descartados e substituídos os espécimes que apresentavam bolhas ou irregularidades de superfície numa análise com lupa de aumento. Os corpos-

de-prova foram em seguida numerados de 1 a 120 para cada grupo, GA, GSM e GSP, e medidos em milímetros com paquímetro digital (Starret) nas suas dimensões de altura, largura e comprimento e fixados em placa de cera com a superfície mais lisa, obtida pela matriz de poliéster, voltada para cima (Figura 4.10).

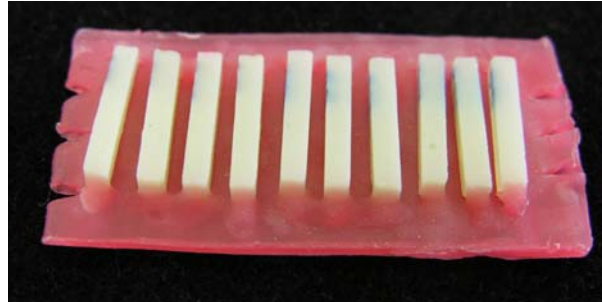


Figura 4.10- Fixação dos corpos-de-prova em cera

4.2 Tratamento de superfície aplicado

Após a fixação na cera, cada grupo de 120 espécimes foi sub-dividido em 4 subgrupos com 30 amostras cada, que foram agrupados em recipientes contendo água destilada e lá permaneceram por 48h armazenados em estufa biológica com temperatura em 37°C.

Os recipientes foram etiquetados para facilitar o reconhecimento de cada subgrupo que receberia um tratamento superficial diferente. Assim, se formaram para cada uma das três resinas analisadas, os seguintes subgrupos:

- A:** Jateamento (Grupo Controle)
- B:** Jateamento seguido de silanização
- C:** Jateamento seguido de condicionamento ácido
- D:** Jateamento seguido de condicionamento ácido e silanização

Após a espera de 48h, os corpos-de-prova foram retirados dos recipientes e secos com jatos-de-ar e levados ao teste de rugosidade de superfície que registrou a rugosidade inicial dos corpos-de-prova, antes da aplicação dos tratamentos superficiais, sendo estes valores identificados como R_{a1} (rugosidade média inicial). Só depois é que receberam os tratamentos superficiais propostos pela investigação.

O tratamento **A**, promovido somente pelo jateamento (Grupo Controle) foi realizado com óxido de alumínio de 50 μm por 6 segundos a 60-80 libras impulsionado por aparelho movido a ar comprimido (Microjato Removedor - BioArt). Após o jateamento, foi realizada a remoção das partículas de óxido de alumínio da superfície das amostras com imersão em água destilada em cuba ultrassônica por três minutos, possibilitando a remoção dos detritos aderidos à superfície.

Nos grupos que receberam os tratamentos **C** e **D**, o condicionamento ácido foi realizado com ácido fosfórico a 37%, aplicado por três minutos. Em seguida, foram submetidos novamente à limpeza superficial em aparelho de ultra-som com água destilada por 3 minutos. Removidos da cuba de ultra-som, foram submetidos à secagem com jatos de ar.

Para realizar-se a silanização nos tratamentos **B** e **D**, usou-se a aplicação de silano Monobond (Ivoclar-Vivadent) (Figura 4.11), seguido da aplicação de adesivo Excite DSC (Ivoclar-Vivadent) (Figura 4.12). Foi realizada a polimerização destes componentes utilizando-se aparelho fotopolimerizador convencional (Dentsply) por 50 segundos, com intensidade de luz de 600 mW/cm^2 , aferido em radiômetro, antes de cada ativação.



Figura 4.11- Monobond (Ivoclar Vivadent)



Figura 4.12- Excite DSC (Ivoclar Vivadent)

4.3 Análise da rugosidade de superfície

Para análise da rugosidade foi utilizado um rugosímetro SurfTest Mitutoyo (Figura 4.13) no parâmetro Ra, onde os corpos-de-prova foram apoiados em cera utilidade que ajudou na fixação da peça no aparelho e evitou a trepidação, o que ocasionaria um aumento da rugosidade.

A ponta do rugosímetro tocou o corpo-de-prova e percorreu os 4mm centrais, medindo cada corpo-de-prova apenas uma vez no sentido do seu maior comprimento por uma extensão de 0,8 milímetros, para a obtenção dos resultados em rugosidade média (Ra), a qual foi previamente estabelecida e calibrada através de programa próprio do aparelho. As alterações anatômicas superficiais da peça (plano ou convexo) foram, desta forma, compensadas pelo programa não afetando os resultados da rugosidade.

A rugosidade média, que é a média aritmética dos desvios de rugosidade do perfil, é obtida pela média aritmética da somatória dos valores absolutos dos desvios do perfil da superfície a partir da linha central dentro do traçado avaliado.



Figura 4.13- Rugosímetro SurfTest Mitutoyo

Foi realizada uma leitura inicial da rugosidade média dos corpos-de-prova (Ra₁) e outra leitura após a aplicação dos tratamentos de superfície (Ra₁₁), conduzida da mesma forma descrita para leitura inicial.

4.4 Avaliação da Resistência à Flexão

Para o ensaio mecânico de flexão, foi utilizada uma máquina de ensaio universal KRATOS, onde foi realizado o teste de flexão por compressão em três pontos com velocidade constante de 0.5 mm/min e célula de carga de 100N, carregando a amostra na região central, mantendo-se à distância de 10 mm entre os pontos de apoio (Figura 4.14). Durante o ensaio mecânico, a força necessária para que ocorresse a fratura foi quantificada em MPa no exato momento em que ela aconteceu.

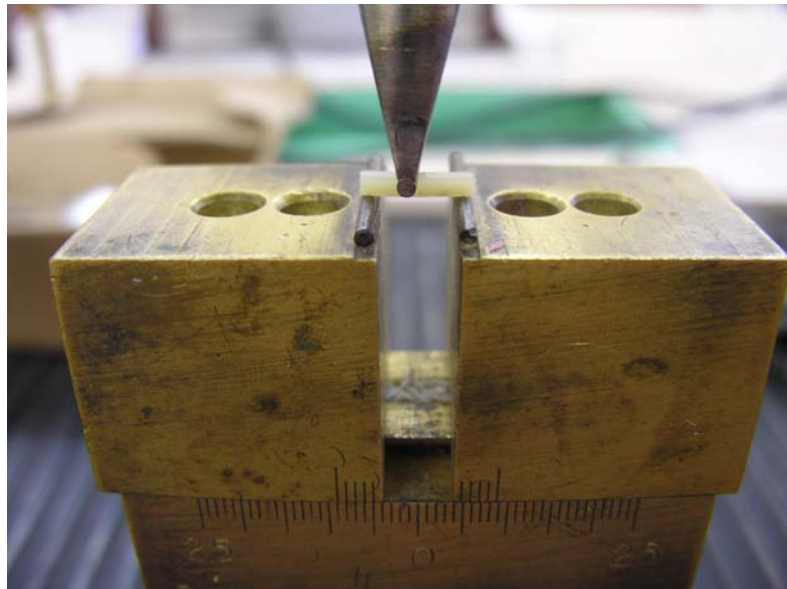


Figura 4.14- Posicionamento das amostras na máquina de ensaio Kratos durante o teste de flexão

4.5 Análise Estatística

Os valores apresentados na leitura da rugosidade de superfície e resistência à flexão, foram tabulados e submetidos à análise estatística descritiva, sendo obtidas as médias, desvios padrão e coeficientes de variação.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, utilizando-se os Testes ANOVA, T-Pareado, Kruskal-Wallis e a Correlação Linear de Pearson (Programa BioEstat 4.0).

As diferenças estatísticas foram consideradas significantes ao nível de 5%.

5 RESULTADOS

5- RESULTADOS

Após tabulação dos dados originais que se encontram agrupados nos Apêndices, procedeu-se as análises estatísticas, expostas neste capítulo por meio de tabelas e gráficos.

Com base na amostra, na variável e nos dados numéricos apresentados, primeiramente aplicou-se um teste paramétrico, para análise da rugosidade de superfície inicial, o teste ANOVA, em todos os grupos, na qual considerou-se o teste de Tukey para verificar a existência de pelo menos um dos grupos que difere dos demais (NETER, 1986). Para análise da alteração da rugosidade após aplicação dos tratamentos de superfície, aplicou-se o teste t-Pareado. Nas demais análises, aplicou-se primeiramente o teste ANOVA e nos casos em que os dados não apresentaram distribuição normal e nem homogeneidade das variâncias, aplicou-se o teste não paramétrico (SIEGEL, 1956) de Kruskal-Wallis, com o objetivo de detectar se as diferenças foram significativas ou simplesmente atribuídas ao acaso. Finalizando foi realizada uma análise da correlação entre a rugosidade de superfície e a resistência flexural, por meio do Teste de Correlação de Pearson.

Para facilitar a análise dos resultados, estes foram divididos por tipo de experimento efetuado (Rugosidade Superficial e Resistência Flexural).

5.1 Rugosidade Superficial

Na tabela 5.1, observa-se a estatística descritiva da rugosidade inicial verificada em cada uma das resinas (SR Adoro, Signum Matrix e Signum+), antes da aplicação dos tratamentos de superfície.

TABELA 5.1- Média, desvio padrão e coeficiente de variação da rugosidade inicial (Ral) das três resinas estudadas, antes da aplicação dos tratamentos de superfície

Resinas	SR Adoro	Signum Matrix	Signum+
Média	0.3574	0.3542	0.3537
Desvio Padrão	0.0744	0.0677	0.0666
Coef. Variação	20.81%	19.11%	18.84%

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Na seqüência, realizou-se a comparação entre os três grupos, utilizando-se o teste Anova. Verificou-se que não há diferença significativa de rugosidade superficial inicial ($p > 0.05$) entre os materiais, o que demonstra que após a sua confecção, os corpos-de-prova apresentaram lisura de superfície similar.

Na figura 5.1 abaixo, observa-se a representação gráfica das médias de rugosidade inicial apresentada pelas três resinas analisadas.

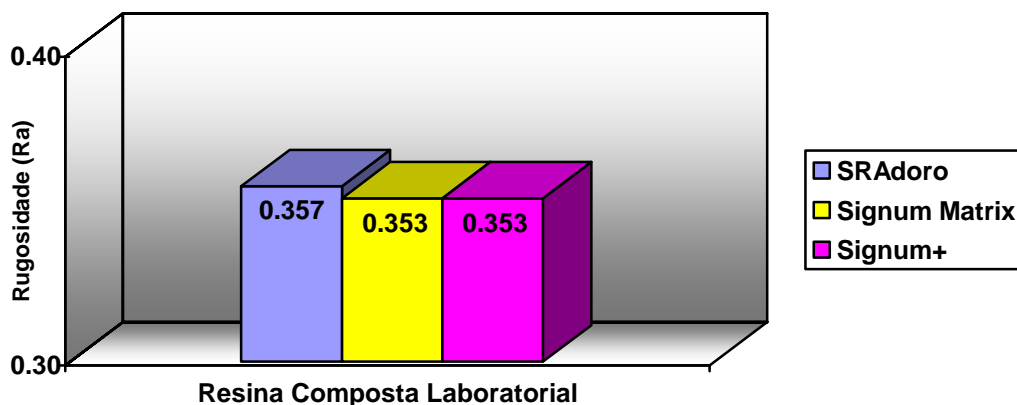


Figura 5.1- Médias de rugosidade inicial (Ral) das resinas analisadas

Em seguida comparou-se por meio do Teste t-Pareado, a rugosidade inicial e final de cada uma das três resinas analisadas de acordo com o tratamento de superfície a qual foi submetido cada subgrupo. Podendo-se desta forma verificar nas tabelas 5.2, 5.3 e 5.4 a variação de rugosidade superficial ocorrida respectivamente nas resinas SR Adoro, Signum Matrix e Signum+ após aplicação do respectivo tratamento de superfície.

TABELA 5.2- Valores médios e desvio padrão em Ra, da rugosidade inicial (Ral) e rugosidade final (Rall), segundo o tratamento de superfície executado na resina SR Adoro

Tratamento	A		B		C		D	
	Ral	Rall	Ral	Rall	Ral	Rall	Ral	Rall
Média	0.346	2.098	0.346	1.014	0.369	1.852	0.367	0.712
DP	0.081	0.643	0.074	0.650	0.072	0.327	0.068	0.589
(p)	0.000		0.000		0.000		0.001	

Fonte: BioEstat 4.0

Teste t- pareado

Observa-se na tabela acima que a alteração de rugosidade superficial foi significativa ($p < 0.05$) após os quatro tratamentos de superfície executados na resina SR Adoro.

TABELA 5.3- Valores médios e desvio padrão em Ra, da rugosidade inicial (Ral) e rugosidade final (Rall), segundo o tratamento de superfície executado na resina Signum Matrix

Tratamento	A		B		C		D	
	Ral	Rall	Ral	Rall	Ral	Rall	Ral	Rall
Média	0.366	2.500	0.385	0.212	0.323	1.140	0.341	0.282
DP	0.058	1.239	0.072	0.153	0.060	0.664	0.065	0.256
(p)	0.000		0.000		0.000		0.109	

Fonte: BioEstat 4.0

Teste t- pareado

Observa-se na tabela acima que a alteração de rugosidade superficial na resina Signum Matrix, não demonstrou diferença estatística significativa somente no subgrupo que recebeu tratamento D (jateamento + condicionamento ácido + silano) com $p = 0.109$.

TABELA 5.4- Valores médios e desvio padrão em Ra, da rugosidade inicial (Ral) e rugosidade final (Rall), segundo o tratamento de superfície executado na resina Signum+

Tratamento	A		B		C		D	
	Ral	Rall	Ral	Rall	Ral	Rall	Ral	Rall
Média	0.373	2.443	0.347	0.383	0.352	2.564	0.341	0.456
DP	0.079	0.553	0.052	0.592	0.057	0.630	0.072	0.257
(p)	0.000		0.370		0.000		0.008	

Fonte: BioEstat 4.0

Teste t- pareado

Na tabela 5.4 acima se observa que o padrão de rugosidade superficial do estado inicial para o final mostrou-se significativamente diferente em três tratamentos realizados ($p < 0.05$), com exceção no tratamento B (jateamento + silano) com $p = 0.370$.

Procedida à análise da variação de rugosidade obtida por cada material de acordo com o tratamento realizado, executou-se por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e Método de Dunn respectivamente, a comparação da rugosidade superficial final entre as três resinas respeitando-se os tratamentos executados.

TABELA 5.5- Comparação das médias de rugosidade final (Rall) entre as três resinas, segundo o tratamento de superfície executado

GRUPOS	A	B	C	D
SR Adoro (1)	2.09 a	1.04 a	1.85 a	0.71 a
Signum Matrix (2)	2.50 a	0.21 b	1.14 b	0.28 b
Signum + (3)	2.44 a	0.38 b	2.56 c	0.45 a
(p)	0.094	0.000	0.000	0.000
Método de Dunn	$p > 0.05$	(1-2) $p < 0.05$ (1-3) $p < 0.05$ (2-3) $p < 0.05$	(1-2) $p < 0.05$ (1-3) $p < 0.05$ (2-3) $p < 0.05$	(1-2) $p < 0.05$ (1-3) $p > 0.05$ (2-3) $p < 0.05$

Fonte: BioEstat 4.0

Kruskal-Wallis

Analisando-se a tabela 5.5 acima, onde letras iguais nas colunas significam médias de rugosidade similares estatisticamente, observa-se que somente o tratamento A não foi capaz de promover diferença estatística significativa entre os

três materiais testados, os demais tratamentos demonstraram as seguintes diferenças estatísticas:

- No tratamento B (jateamento seguido de silanização) houve uma diferença significativa entre as resinas SR Adoro e Signum Matrix, e entre as resinas SR Adoro e Signum+.

- Quando foi realizado o tratamento C (jateamento seguido da aplicação do ácido) houve diferença significativa entre todas as resinas analisadas.

- Quando foi realizado o tratamento D (jateamento seguido da aplicação do ácido com silanização), houve diferença entre as resinas SR Adoro e Signum Matrix e entre as resinas Signum Matrix e Signum+ , não havendo diferenças entre as resinas SR Adoro e Signum+.

Observa-se na figura 5.2 abaixo o gráfico representativo da rugosidade final obtida pelas 3 resinas de acordo com o tratamento de superfície executado.

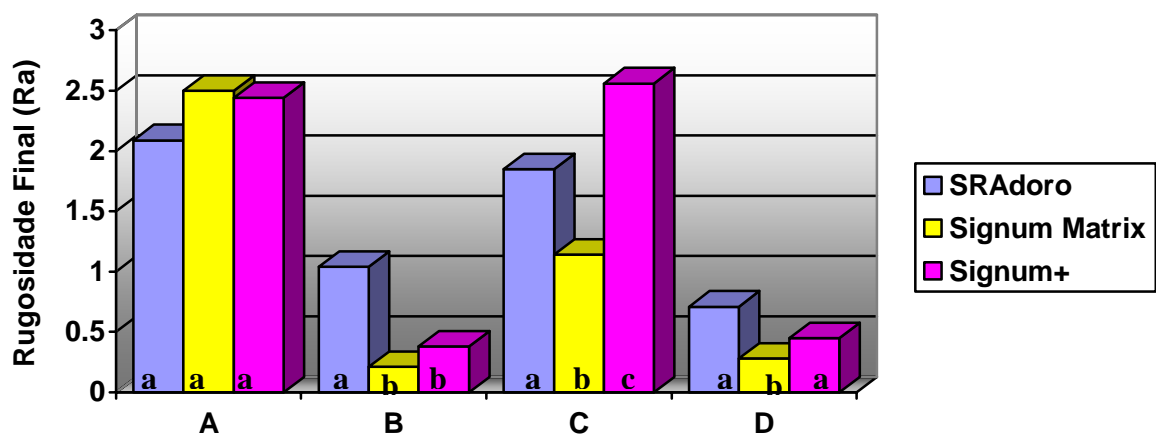


Figura 5.2- Rugosidade final obtida pelas 3 resinas nos 4 tratamentos de superfície executados

5.2 Resistência Flexural

Os resultados de resistência flexural foram inicialmente analisados de maneira individualizada de acordo com a resina composta, respeitando-se os tratamentos de superfície executados, podendo ser observados nas tabelas 5.6, 5.7 e 5.8.

A tabela 5.6 abaixo, mostra a análise dos resultados dentro dos tratamentos da resina SR Adoro, segundo a resistência à flexão.

TABELA 5.6- Distribuição dos parâmetros estatísticos, no grupo SR Adoro

Tratamentos	Média Flexão (MPa)	Desvio Padrão	Coefficiente Variação (%)
A	85.543	15.409	17.81
B	90.982	9.008	9.90
C	87.789	11.687	13.31
D	90.878	9.519	10.48
Médias	88.798	11.406	12.875

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Abaixo, a tabela 5.7 mostra a análise dos parâmetros estatísticos dentro dos subgrupos da resina Signum Matrix, segundo a resistência à flexão.

TABELA 5.7- Distribuição dos parâmetros estatísticos dos subgrupos da resina Signum Matrix

Tratamento	Média Flexão (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente-Variação (%)
A	83.441	8.100	9.71
B	94.487	13.716	14.52
C	84.930	9.435	11.11
D	96.897	10.764	11.11
Médias	89.938	10.504	11.61

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Na tabela 5.8 observa-se a análise dos parâmetros estatísticos dentro dos subgrupos da resina Signum+, com relação às médias de resistência à flexão.

TABELA 5.8- Distribuição dos parâmetros estatísticos de acordo com os tratamentos da resina Signum+

Tratamento	Média Flexão (MPa)	Desvio Padrão	Coeficiente-Variação(%)
A	76.184	8.888	11.67
B	89.550	8.516	9.51
C	80.308	9.187	11.44
D	82.040	9.242	11.27
Médias	82.020	8.958	10.97

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Para observar entre quais tratamentos houve diferença estatística significativa, aplicou-se o teste de Tukey e Kruskal-Wallis respectivamente, podendo-se observar que as diferenças não foram significativas entre os tratamentos da resina SR Adoro ($p > 0,05$). Porém diferenças estatísticas significativas foram observadas entre alguns tratamentos das resinas Signum Matrix e Signum+, de acordo com os dados expostos abaixo nas tabelas 5.9. e 5.10.

TABELA 5.9- Distribuição da comparabilidade das médias de flexão entre os quatro tratamentos das três resinas analisadas

Médias de Flexão (MPa)				
Tratamento	A	B	C	D
SR Adoro**	85.543*	90.982*	87.789*	90.878*
Signum Matrix**	39.333	74.900	45.733	82.033
Signum + ***	76.184	89.550	80.308	82.040

Fonte: BioEstat 4.0

Estat.Descritiva*
 Teste Kruskal-Wallis**
 Teste Tukey***

TABELA 5.10- Teste de Tukey e Kruskal-Wallis das três resinas frente aos quatro tratamentos de superfície

p-valor						
Métodos de Tukey e Kruskal-Wallis						
Tratamento	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D	C-D
SRAdoro**	ns	ns	ns	Ns	ns	ns
Signum Matrix**	<0.05	ns	<0.05	<0.05	ns	<0.05
Signum + ***	<0.05	ns	ns	<0.05	<0.05	ns

Fonte: BioEstat 4.0

Teste Kruskal-Wallis**
 Teste Tukey***

Observa-se na resina Signum Matrix semelhança na resistência à flexão entre os tratamentos A-C e B-D. Por outro lado quando se comparou os tratamentos recebidos pela resina Signum+, observa-se semelhança estatística entre os tratamentos A-C; A-D e C-D.

Abaixo se visualiza as figuras 5.3 e 5.4 referentes respectivamente a significância estatística apresentadas entre os tratamentos de superfície aplicados às resinas Signum Matrix e Signum+.

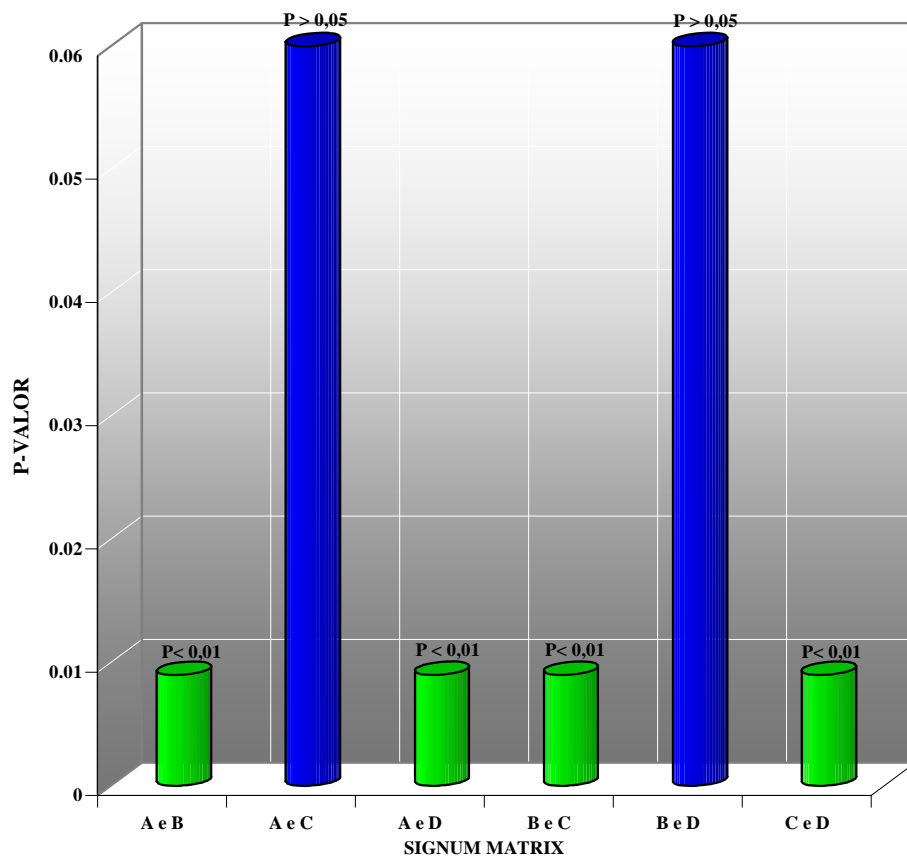


Figura 5.3- Comparabilidade entre os tratamentos segundo p-valor, grupo Signum Matrix

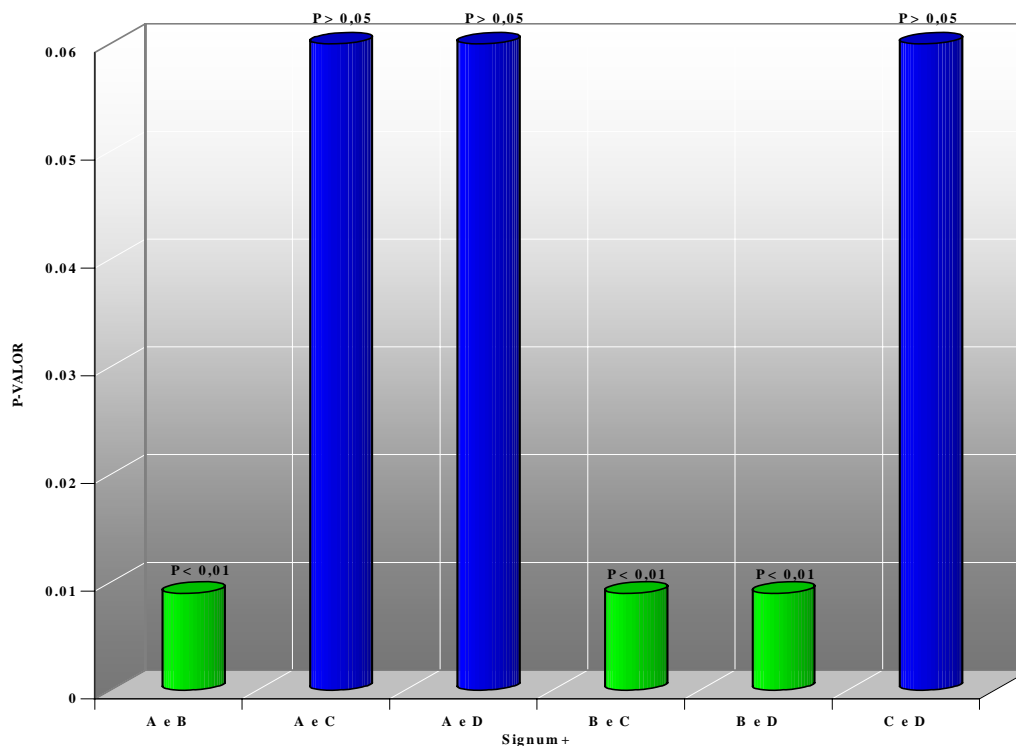


Figura 5.4- Comparabilidade entre os grupos segundo p-valor, grupo Signum+

Seqüencialmente realizou-se análise descritiva para verificar o comportamento da cada tratamento de superfície frente as três resinas pesquisadas. Observam-se abaixo os resultados referentes ao tratamento A (jateamento) na tabela 5.11.

TABELA 5.11- Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento A (jateamento)

GRUPOS	Média	Desvio Padrão	Coeficiente-Varição(%)
SR Adoro	85.543	15.409	17.810
Signum Matrix	83.441	8.100	9.710
Signum+	76.184	8.888	11.670
Médias-Grupos	81.722	10.799	13.063

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Após a aplicação do teste ANOVA, com $p\text{-value} = 0.00002$, verifica-se que as diferenças de resistência à flexão entre as três resinas com o tratamento A (jateamento), foram significativas, sendo então realizado o teste de Tukey para verificar entre quais resinas estas diferenças foram significantes.

Abaixo na figura 5.5 observa-se o p-valor demonstrando entre quais resinas houve diferença estatística significativa.

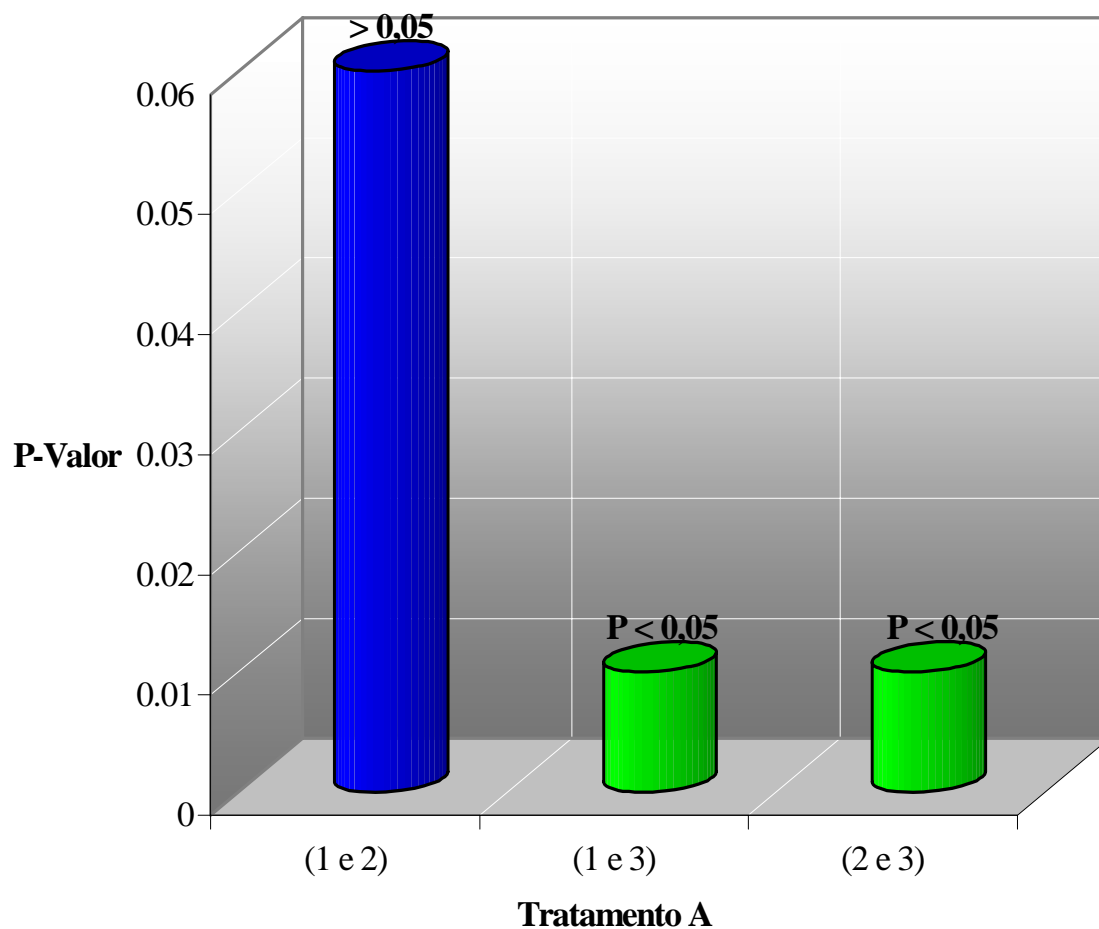


Figura 5.5- Comparação entre as três resinas segundo p-valor com tratamento A

Conforme demonstrado na figura 5.5 acima, houve diferença estatística significativa após tratamento de superfície com jateamento, entre as resinas SR Adoro (1) e Signum+ (3), assim como entre as resinas Signum Matrix (2) e a Signum+ (3).

Observa-se abaixo os resultados referentes ao tratamento B (jateamento + silano) na tabela 5.12.

TABELA 5.12- Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento B (jateamento c/ silanização)

GRUPOS	Média	Desvio Padrão	Coeficiente-Varição(%)
SR Adoro	90.982	9.008	9.900
Signum Matrix	94.487	13.716	14.520
Signum+	89.550	8.516	9.510
Média-Grupos	91.673	10.413	11.310

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Após a aplicação do teste Krukall-Wallis, com $p=0.1254$, verifica-se que não houve diferença significativa entre as três resinas com o tratamento B (jateamento + silano).

Observam-se abaixo os resultados referentes ao tratamento C (jateamento + condicionamento ácido) na tabela 5.13.

TABELA 5.13- Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento C (jateamento e ácido s/ silanização)

GRUPOS	Média	Desvio Padrão	Coeficiente-Variação(%)
SR Adoro	87.789	11.687	13.310
Signum Matrix	84.930	9.435	11.110
Signum+	80.308	9.187	11.440
Média-Grupos	84.342	10.103	11.953

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Após a aplicação do teste ANOVA, com $p=0.018$, verifica-se que as diferenças entre as três resinas com o tratamento C (jateamento + condicionamento ácido), foram significativas, sendo então realizado o teste de Tukey para verificar entre quais resinas estas diferenças foram significantes.

Abaixo na figura 5.6 observa-se o p-valor demonstrando entre quais resinas houve diferença estatística significativa.

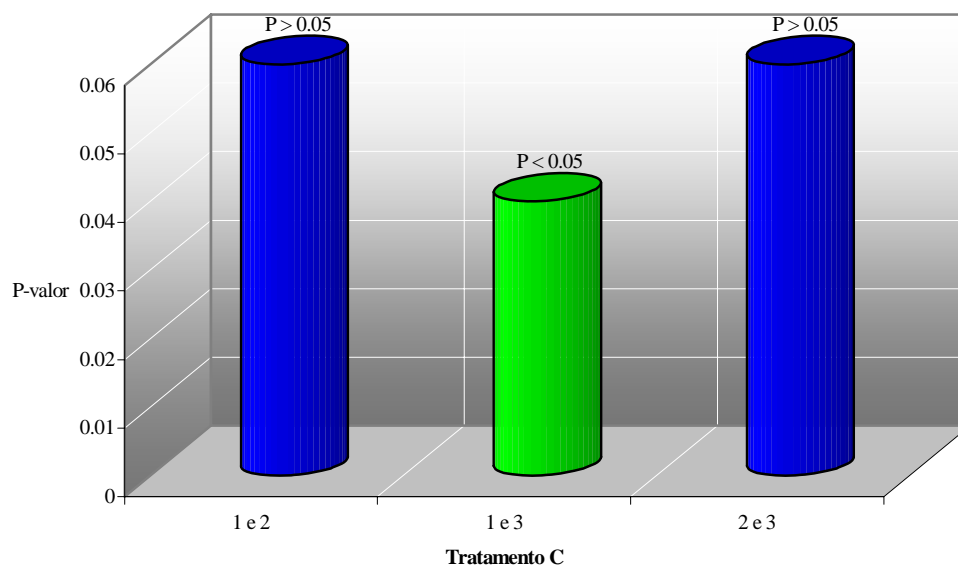


Figura 5.6- Comparação entre as três resinas segundo p-valor com tratamento C

Conforme demonstrado na figura 5.6 acima, houve diferença estatística significativa após tratamento de superfície com jateamento seguido de condicionamento ácido, entre as resinas SR Adoro e Signum+.

Observa-se abaixo os resultados referentes ao tratamento D (jateamento + condicionamento ácido + silano) na tabela 5.14.

TABELA 5.14- Distribuição dos parâmetros estatísticos das três resinas, segundo o tratamento D (jateamento + ácido + silano)

GRUPOS	Média	Desvio Padrão	Coefficiente-Varição(%)
SR Adoro	90.878	9.519	10.480
Signum Matrix	96.897	10.764	11.110
Signum+	82.040	9.242	11.270
Média-Grupos	89.938	9.841	10.953

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Após a aplicação do teste ANOVA, com p-value =0.018, verifica-se que as diferenças entre as três resinas com o tratamento D (jateamento + condicionamento ácido + silano), foram significativas, sendo então realizado o teste de Tukey para a verificar entre quais resinas estas diferenças foram significantes.

Abaixo na figura 5.7 observa-se o p-valor demonstrando entre quais resinas houve diferença estatística significativa.

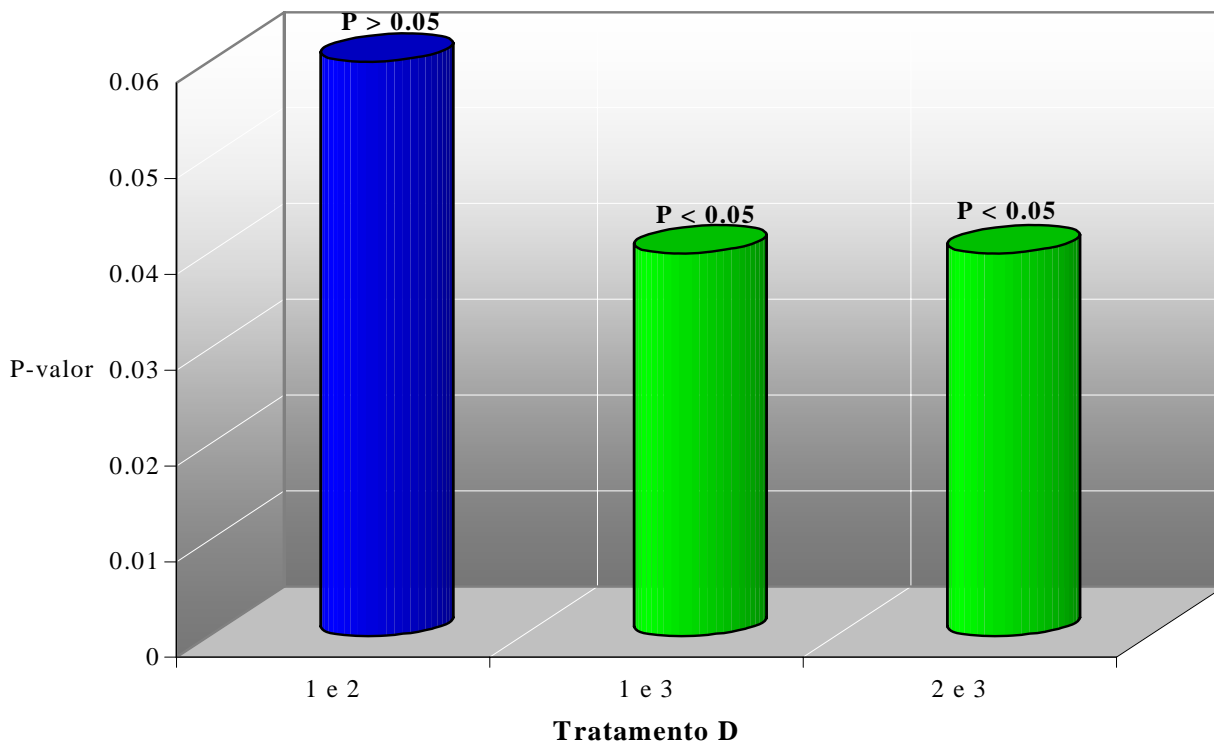


Figura 5.7- Comparação entre as três resinas segundo p-valor com tratamento D

Conforme demonstrado na figura 5.7 acima, houve diferença estatística significativa após tratamento D, jateamento seguido de condicionamento ácido e

aplicação de silano, entre as resinas SR Adoro e Signum+, assim como entre a Signum Matrix e a Signum+ .

Concluindo a análise da resistência a flexão demonstra-se na tabela 5.15 abaixo as três resinas utilizadas frente a cada tratamento de superfície, realizados anteriormente de maneira isolada, para melhor visualização dos resultados.

TABELA 5.15- Distribuição da comparabilidade das médias de flexão entre os quatro tratamentos das três resinas analisadas

Resinas	p-valor (Kruskal-Wallis / Tukey)			
	A*	B*	C**	D**
SR Adoro – Signum Matrix	ns	ns	ns	ns
SR Adoro – Signum+	<0.05	ns	<0.05	<0.05
Signum Matrix – Signum+	<0.05	ns	ns	<0.05

Fonte: BioEstat 4.0

Teste Kruskal-Wallis*
Teste ANOVA**

Após a aplicação do teste Kruskal-Wallis e Tukey, observa-se na figura 5.8 abaixo o comportamento das três resinas testadas frente as quatro formas de tratamento de superfície analisadas. O resultado estatístico demonstra que houve diferença significativa entre as três resinas nos tratamentos A ($p=0.000$), C ($p=0.004$) e D ($p=0.000$); e somente o tratamento B demonstrou comportamento semelhante ($p=0.1254$) entre as 3 resinas. Verifica-se a representação gráfica com p-valor demonstrando entre quais resinas houve diferença estatística significativa.

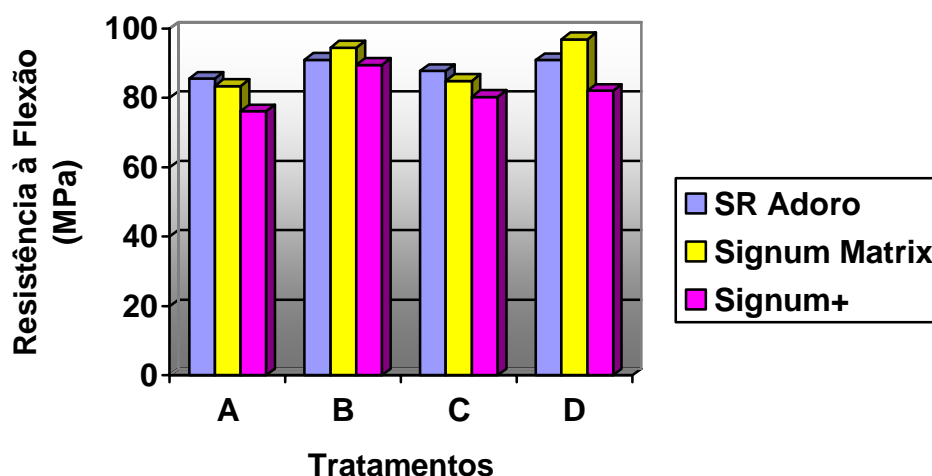


Figura 5.8- Comparação entre as três resinas segundo p-valor com os 4 tratamentos executados

Abaixo se verifica a comparação dos valores médios de resistência flexural após os tratamentos aplicados nas três resinas estudadas. A comparação é representada através de letras maiúsculas iguais quando não há diferença estatisticamente significativa quando aplicados tratamentos diferentes na mesma resina (linhas) e letras minúsculas iguais quando não há diferença estatisticamente significativa entre as resinas quando utilizado o mesmo tratamento (colunas).

TABELA 5.16- Comparação das médias de resistência em MPa verificadas após os tratamentos de superfície em todas as resinas

	A	B	C	D	Médias
SR Adoro	85.546 Aa	90.982 Aa	87.789 Aa	90.878 Aa	89.04
SignunMatrix	83.441 Aa	94.487 Ba	84.930 Aab	96.897 Ba	89.9
Signum +	76.184 Ab	89.550 Ba	80.308 Ab	82.040 Ab	82.02
Médias	82.056	91.673	84.342	89.938	87.00

Fonte: BioEstat 4.0

Estatística Descritiva

Após análise isolada dos critérios de rugosidade superficial e resistência à flexão, realizou-se o teste de correlação linear de Pearson, o qual demonstrou não haver influência ($p > 0,05$) da rugosidade superficial apresentada pelas três resinas indiretas, após os quatro tratamentos de superfície, na resistência mecânica à flexão.

Em seguida observa-se na discussão a relevância dos resultados apresentados, promovendo-se uma análise comparativa com a literatura.

6 DISCUSSÃO

6- DISCUSSÃO

A aplicação do teste de flexão seguindo a ISO 4049 envolve a confecção de espécimes em forma de barra retangular com dimensões de 25 x 2 x 2mm. Este comprimento excede o diâmetro da janela de saída de luz das unidades de fotopolimerização convencionais. Para compensar, alguns autores recomendam a superposição de aplicação de luz variando a posição e conseqüentemente contemplando toda a extensão do espécime. Palin, Fleming e Marquis (2005), relataram estudos que questionam esta conduta por resultar em um aumento da densidade de energia de luz na região em que foi aplicada, resultando em uma polimerização não homogênea. Além disso, a contração que ocorre a cada aplicação gera o acúmulo irregular de tensão interna no corpo-de-prova, o que influenciaria na resistência mecânica do mesmo.

Outra proposta é a de diminuir o comprimento de 25 para 12 mm (Teste Mini-flexural), que mais se aproximam das dimensões reais dos dentes posteriores (YAP & TEOH, 2003; PALIN, FLEMING e MARQUIS, 2005). Nesta pesquisa foram confeccionados corpos-de-prova com dimensões de 12 X 2 X 2 mm, contemplando os requisitos que garantem a polimerização por igual em toda extensão na fase de pré-polimerização, em unidades específicas de luz de cada sistema; como é preconizado no teste Mini-Flexural,. Estas unidades possuem janelas de saída de luz maiores que as de aparelhos convencionais, o que anularia o problema da polimerização irregular. Assim, a fabricação de espécimes

menores permitiu a economia e facilidade de confecção, possibilitando a obtenção de uma quantidade maior de amostras (YAP & TEOH, 2003).

A técnica incremental é baseada na polimerização de camadas de resina com espessura de até 2mm e pode ajudar a conseguir uma melhor qualidade de margem para a restauração, evitando distorções nas paredes cavitárias (DELIPERI & BARDWELL, 2002). No entanto, a técnica em bloco único é recomendada por alguns fabricantes de resinas compostas do tipo condensáveis (MANHART *et al.*, 2000).

Jedrychowski, Bleier e Caputo (2001), compararam diferentes técnicas de inserção e polimerização de resinas diretas e concluíram que o menor grau de estresse de polimerização foi gerado pela técnica de restauração em bloco único. A fim de se confirmar os achados de Jedrychowski, Bleier e Caputo, realizou-se um estudo à parte, previamente a execução do estudo piloto desta pesquisa, com a finalidade de escolher a metodologia de confecção dos espécimes, onde se comparou a resistência flexural de corpos-de-prova obtidos através de inserção incremental e em bloco único usando-se resina direta. Os resultados obtidos foram altamente significantes ($p = 0.00001$) e permitiram verificar que para confecção de espécimes com maior padronização de resistência flexural, a confecção em bloco único deve ser utilizada. Nesta pesquisa a inserção da resina se deu em duas etapas devido à necessidade de utilização de tipos diferentes de resina, para dentina e para esmalte, no entanto, cada camada foi inserida de uma só vez.

É verdade que a existência de uma interface entre as camadas facilita a permanência de bolhas que interferem na resistência e isso é bem evidenciado em estudos de comparação entre a técnica incremental com a de bloco único no que

se refere à resistência mecânica (JEDRYCHOWSKI, BLEIER e CAPUTO, 2001). No entanto, a confecção de restaurações utilizando os materiais aqui estudados é feita laboratorialmente por superposição de camadas e pré-polimerização em etapas até a construção total da forma dentária que se deseja reproduzir. Sendo assim, procurou-se respeitar a espessura recomendada para cada camada, que não deve exceder 2mm.

Herrero, Yaman e Dennison (2005), comparando diferentes materiais restauradores e variando sua espessura através de aprofundamento dos preparos, observaram que a profundidade de cura foi significativamente comprometida em todos os materiais analisados que foram colocados em cavidades com profundidade de 5mm. Estes autores relataram que a exposição inadequada de luz reduz a dureza, resistência mecânica e estabilidade de cor enquanto aumenta a absorção de água.

Rueggeberg, Ergle e Mettenburg (2000), complementaram os dados acima relatando que a profundidade do corpo a ser polimerizado não deve exceder 2mm e a ativação da resina deve ser realizada com associação a variação da temperatura, para evaporação de monômeros residuais, resultando em aumento das propriedades mecânicas. Dessa forma, a espessura dos corpos-de-prova conseguida pelas dimensões da matriz metálica usada nesta pesquisa, reproduziram amostras milimetricamente padronizadas, o que pôde ser verificado com o auxílio de um paquímetro digital, sendo que a diferença entre eles ocorreu na segunda casa decimal de seus valores em milímetros, o que pode ser desconsiderado.

O desenvolvimento de estresse advindo da contração de polimerização pode causar maior deflexão na superfície não aderida, e levar a fraturas e falhas no interior do material. Na verdade isso é parcialmente correto, pois a contração de polimerização não se totaliza imediatamente após a ativação pela luz, apenas cerca de 70-85%. Após 5 min estes valores podem passar para algo perto de 93%, assim como a obtenção de adequadas propriedades mecânicas do material. Decorridos 30 minutos da ativação, somente 60% do módulo de elasticidade e resistência flexural são alcançados (LOGUERCIO, REIS e BALLESTER, 2004). A espera de 48 horas após a confecção dos espécimes foi o tempo escolhido nesta pesquisa, para que se conseguisse a produção das amostras e execução dos ensaios numa seqüência em que todos fossem submetidos aos testes propostos após o mesmo tempo de armazenagem.

Este tempo de armazenagem é vital na análise da resistência final do material, uma vez que a fadiga nas restaurações é influenciada pelo ataque corrosivo de água a temperatura de 37°C e por forças mastigatórias cíclicas. Nestas condições existe uma correlação entre a quantidade de partículas inorgânicas da resina e a sua resistência à fadiga (LOHBAUER *et al.*, 2003).

Em 2003, Lohbauer *et al.*, realizaram uma análise fractográfica da propagação da fratura na resina composta após a realização de teste de flexão, utilizando microscopia eletrônica de varredura, e verificaram que a mesma ocorreu principalmente na adesão das partículas inorgânicas a matriz resinosa. O mesmo resultado foi achado por Hummel *et al.*, em 2005.

Göhring, Gallo e Lüthy (2005), ao avaliarem a ação da variação da temperatura em espécimes de resinas compostas indiretas durante a

termociclagem, observaram que este teste pode causar mais do que alterações apenas superficiais. Os autores ressaltaram que o fato da estocagem em água, com ou sem termociclagem, causou diminuição da resistência flexural das resinas indiretas testadas, independente do conteúdo de carga ou da composição da matriz resinosa. Nesta pesquisa, optou-se pelo armazenamento em água destilada a 37°C por 48 horas, com intuito de aguardar o tempo necessário para a polimerização total do material, uma vez que a mesma não se totaliza imediatamente após a ativação pela luz (LOGUERCIO, REIS e BALLESTER, 2004). Levando-se em consideração os resultados apresentados por Göhring *et al.* e Loguercio *et al.* expostos acima, sugere-se a observação da resistência flexural em corpos de prova estocados por 48 horas, para complementação da polimerização química, sem imersão em água; analisando-se desta forma a influência da água na resistência mecânica.

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar a rugosidade superficial e a resistência da flexão de dois tipos de resina composta indireta, após variação de tratamento da superfície. Abaixo se procedeu à análise dos resultados observando primeiramente os dois fatores isoladamente, seguido de abordagem sobre a influência da rugosidade na resistência à flexão.

Análise da Rugosidade Superficial

A verificação da rugosidade superficial dos espécimes logo após sua confecção mostrou que todas as amostras confeccionadas com as resinas SR Adoro, Signum Matrix e Signum+ apresentaram o mesmo padrão de lisura inicial

($p=0.9$), observados na figura 5.1. A composição dos produtos favorece o entendimento deste comportamento inicial. A resina SR Adoro é uma resina microhíbrida constituída de partículas de carga de dióxido de silício de $1\mu\text{m}$ dispersas na matriz de resina (19,8% em peso) e polímeros pré-polimerizados formando partículas de $10\text{-}30\mu\text{m}$ (62,9% em peso). Sua matriz orgânica é formada de monômero funcional dimetacrilato de uretano (UDMA) que ocupa 16,9% em peso no material (Ivoclar Vivadent Inc). A resina Signum Matrix é composta por partículas inorgânicas de dióxido de silício de $10\text{-}40\text{ nm}$ (3% em peso), e de vidro de bário de $0.8\mu\text{m}$ (60% em peso). E a composição da resina Signum+ tanto dentina como esmalte, é formada por partículas de dióxido de silício de $10\text{-}40\text{ nm}$ (28-30% em peso) e polímeros pré-polimerizados de $5\text{-}30\mu\text{m}$ (45-46% em peso). A matriz orgânica das resinas Signum é formada de um éster ácido metacrílico funcional que assume 36% em peso na Signum Matrix e 25,6% em peso na Signum+ (Heraeus Kulzer South América Ltda). Verifica-se, portanto, uma composição que permite classificar os três materiais como resinas microhíbridas, com tamanho e quantidade de partículas compatível com uma lisura superficial similar (WILLEMS *et al.*, 2003).

Com a aplicação dos tratamentos propostos nas três resinas, nota-se que ocorreu uma modificação dos valores de rugosidade. Com o tratamento A (jateamento) na resina SR Adoro, verifica-se um grande aumento da média de rugosidade, por outro lado, quando se analisa a média apurada no tratamento C (jateamento + ácido), verifica-se que apesar de ter havido uma redução do valor da média de rugosidade em comparação ao tratamento A, esta diferença não foi estatisticamente significativa. Pela revisão de literatura apurou-se que o

condicionamento ácido é recomendado para promover a remoção de partículas de Al_2O_3 que impregnam a superfície após o jateamento. Brucia em 2001 ressaltou que este procedimento promove uma superfície que permitiria o melhor embricamento do silano e adesivo, e assim uma melhor adesão ao agente cimentante.

Estes relatos acima estão de acordo com os resultados observados de redução da rugosidade superficial após o tratamento C, o qual somente poderia ter sido confirmado por meio de análise em microscopia eletrônica de varredura (MEV), pois, conforme descrito por Iha *et al.* (2005), que analisaram em MEV a rugosidade e micromorfologia superficial de uma resina composta direta, esmalte e dentina jateados com partículas de óxido de alumínio de 50 μm , a deposição destas partículas sobre a superfície de maneira irregular, resultou em uma superfície impregnada mesmo após a lavagem com ar-água de seringa tríplice. Concluíram que havia a necessidade de aplicação de ácido fosfórico após o jateamento para remover as partículas de óxido de alumínio depositadas.

A diferença não significativa entre A e C pode ser explicada pela aplicação de uma metodologia que na verdade registra a alteração de rugosidade superficial, mas não mostra se esta alteração foi positiva (depósito de partículas de Al_2O_3) ou negativa (porosidades causadas pelo jateamento na superfície do material). O ideal seria associar uma visualização através de microscopia eletrônica de varredura para que se pudesse verificar a real diferença entre as superfícies. Isso se reforça quando se observa o resultado dos grupos que receberam a aplicação do silano. No tratamento B, onde a aplicação do silano foi feita sem a remoção das partículas de Al_2O_3 pelo ácido, verificou-se que houve um aumento da lisura

de superfície em relação aos grupos que receberam os tratamentos A e C, assim como, quando se observa o valor médio de rugosidade obtida com o tratamento D, onde se realizou a silanização da superfície após jateamento e aplicação do ácido, nota-se que os valores de rugosidade superficial são os menores dentre os quatro subgrupos, mesmo que estatisticamente sejam similares ao tratamento B. É importante se observar que apesar de o tratamento D (jateamento+ácido+silano), ter reproduzido a melhor lisura dentre os quatro tratamentos, o valor médio conseguido foi bem maior que o valor da lisura superficial inicial. Sendo assim, conclui-se que na resina SR Adoro a aplicação da técnica de tratamento de superfície recomendada que é jateamento da superfície seguido de ácido e silanização reproduz uma rugosidade em média duas vezes maior que a rugosidade original do material e é, portanto, compatível com o embricamento do cimento adesivo, necessário para a adesão da restauração ao dente.

Quando se compara os resultados obtidos entre os subgrupos das resinas SR Adoro e Signum+, verifica-se que não houve diferença significativa entre os materiais quando foi realizado o tratamento A, no entanto após o tratamento B na resina Signum+, a média de rugosidade foi similar à inicial, refletindo uma recuperação da lisura de superfície original do material com este procedimento, característica esta não observada na resina SR Adoro. Observando-se a composição destes materiais, verificamos que a % em peso de matriz orgânica na resina Signum+ é bem maior (24.6%) em comparação à SR Adoro (16.9%), o que pode resultar em uma maior alteração pelo jato, criando porosidades no material, facilitando o alojamento mais profundo da partícula de óxido de alumínio e

conseqüente preenchimento das irregularidades com a silanização, restaurando a lisura inicial. De acordo com Bouschliecher, Cobb e Vargas (1999) ocorre o envolvimento pelo silano das partículas inorgânicas expostas, fazendo uma ligação estável com as mesmas.

Com o tratamento C, mesmo tendo-se aplicado o ácido como agente de limpeza de superfície, observa-se que os valores médios entre este tratamento e o tratamento A foram similares. Soeno *et al.* (2002), analisaram a rugosidade de superfície de resinas após a aplicação de flúor fosfato acidulado e verificaram um aumento de valores de Ra em alguns materiais. Observando em MEV, verificaram perda de partículas inorgânicas em menor quantidade nas resinas microparticuladas em comparação as híbridas, as quais apresentaram superfície com maior valor de Ra. Martín, López e Rodríguez de Mondelo (2001), recomendam a limpeza da superfície tratada com ácido fosfórico a 37%, independente do tipo de substância utilizada para o tratamento de superfície. Estes autores relataram uma queda na resistência de união de resinas de micropartículas em comparação com as híbridas quando utilizado apenas o condicionamento ácido como tratamento. Isto se justifica pela pouca capacidade de penetração que o ácido apresenta, apesar da deterioração da matriz orgânica que o mesmo causa, sendo importante a associação do jateamento. Alguns trabalhos que envolvem aplicação de tratamentos de superfície utilizam o condicionamento ácido como agente de limpeza superficial. (MARTÍN, LÓPEZ e RODRÍGUEZ DE MONDELO, 2001; HUMMEL *et al.*, 2005). Hummel *et al.* (2005), encontraram valores de rugosidade de superfície maiores em resinas de

micropartículas jateadas, o que leva a se concluir que após a remoção das partículas impregnadas da superfície, a rugosidade se mostrou similar à da superfície impregnada do tratamento A.

O método de limpeza de superfície para remoção de partículas provenientes do tratamento aplicado escolhido para cada subgrupo foi a imersão do corpo-de-prova em cuba ultrassônica por três minutos sempre que se usava qualquer substância. Escolheu-se esta metodologia em substituição ao jato de água da seringa tríplice, que é bastante usado na prática clínica, na tentativa de se eliminar possíveis variações que pudessem resultar em viés de resultados, uma vez que seria difícil de se controlar o tempo, a pressão e a distância do jato a ser usado. No entanto, não é difícil de se aceitar que a possibilidade de uma remoção de resíduos superficiais deficiente possa refletir os resultados demonstrados.

Nesta pesquisa constatou-se que independente da aplicação do ácido, a lisura superficial na resina Signum+ foi recuperada com o procedimento de silanização (tratamentos B e D), o que não ocorreu com a resina SR Adoro. De fato a dureza superficial da resina SR Adoro tende a ser mais elevada devido ao tipo de polimerização que envolve luz e calor, além dos fatores relativos a sua composição (maior porcentagem em peso de carga e menor de matriz orgânica) já citados anteriormente, e por isso a penetração das partículas do jato pode não ter sido profunda, fazendo com que, provavelmente, o acúmulo delas na superfície fosse maior. A resina Signum+ tende a uma dureza menor e portanto passível de permitir a penetração das partículas de óxido de alumínio em maior profundidade, sendo difícil a sua remoção pelo ácido.

Gomes *et al.* em 2004, relatam que o aumento da quantidade de partículas inorgânicas leva à diminuição em volume da matriz orgânica, logo aumenta a resistência ao desgaste e a contração de polimerização. Complementando esta informação, Martín, López e Rodríguez de Mondelo (2001), demonstraram em MEV o padrão de alteração nas resinas microparticuladas jateadas com óxido de alumínio e verificaram a perda de resistência destes materiais.

O comportamento observado na resina Sigum Matrix foi muito similar ao da resina Signum+ quando se usou o tratamento A. Porém, curiosamente, verificou-se que nos grupos onde ocorreu a silanização, independente da aplicação do ácido, houve uma reprodução de lisura de superfície superior aos valores médios iniciais.

A introdução da nanotecnologia garante uma otimização nas qualidades da resina composta, inclusive na reprodução de lisura superficial mais compatível com a do esmalte, o que traz benefícios quando da realização de restaurações dentárias (WARD, 2005). A Sigum Matrix é um sistema de resinas que anuncia este princípio e para tanto foi desenvolvida uma resina incisal nanoparticulada que deve ser aplicada sobre a resina para dentina, que é a mesma do sistema convencional Signum+. O fabricante deste sistema garante que a camada incisal nanoparticulada confere aumento das propriedades mecânicas e lisura de superfície quando usada sobre a camada de dentina. A confecção dos corpos-de-prova com este sistema se realizou no laboratório da empresa sob acompanhamento técnico, pois a mesma ainda não havia sido lançada no mercado brasileiro e por isso havia a necessidade de observação experimental e instrução de uso, uma vez que a consistência desta resina é extremamente fluida

e, portanto, necessita de técnica especial de aplicação que é feita com instrumento próprio que acompanha o kit do produto.

À primeira vista, se tem idéia de que o aspecto fluido facilita o preenchimento de possíveis irregularidades que possam ter se formado na colocação da resina para dentina. No entanto, a manipulação da camada incisal fluida é extremamente difícil, e a incorporação de bolhas acontece com facilidade. Detectada esta dificuldade, se tentou substituir o pincel aplicador do sistema por espátula convencional de inserção. Observou-se uma melhora no aspecto da formação de bolhas, entretanto a exclusão de espécimes que apresentavam bolhas ou irregularidades de superfície após análise com lupa de aumento, foi bem maior neste grupo em comparação com os demais.

De acordo com Perdigão (2005), o material poderá se chamar de procedente da nanotecnologia se ele for desenvolvido por pesquisa nos níveis atômicos, molecular ou macromolecular, na escala de tamanho na faixa de aproximadamente 1 a 100 nanômetros. A composição da resina Signum Matrix apresenta partículas de dióxido de silício de 10-40 nm (3% em peso), e de vidro de bário de 0.8 μ m (60% em peso). Nota-se que a maior porcentagem em peso é de partículas consideradas micro, apresentando na verdade uma composição mais parecendo a de uma resina microhíbrida com alta % em peso de matriz orgânica (36%).

Além disso, a incorporação de bolhas durante a aplicação da resina incisal na confecção das amostras de Sigum Matrix, pode ter reproduzido uma irregularidade maior, a qual foi recuperada após o preenchimento pelo agente de

silanização. Mais uma vez percebe-se a importância da verificação em MEV, o que possibilitaria a confirmação do comportamento observado.

Vidal, Oliveira e Pacheco (2002), comparando a resistência à tração de duas resinas indiretas variando o tratamento de superfície e analisando as superfícies tratadas em MEV, observaram que o jateamento com óxido de alumínio promoveu menor rugosidade na resina que continha maior concentração de partículas minerais na sua composição e polimerização adicional por luz e calor (BelleGlass-Kerr) do que a polimerizada somente por luz (Artglass-Heraeus Kulzer). Concluíram que a rugosidade de superfície é inversamente proporcional à dureza da mesma, quando é realizado o jateamento, o que pode resultar em perda de resistência à união da restauração.

Toda resina composta por metacrilatos multifuncionais apresentam melhora acentuada na resistência ao desgaste (AQUINO *et al.*, 2002). Esses monômeros apresentam 4 a 6 sítios para ligação durante a polimerização, possibilitando assim a formação de ligações cruzadas entre as cadeias poliméricas. O produto final polimerizado consiste em uma estrutura macromolecular complexa e irreversível, como uma rede tridimensional, de densidade superficial elevada e propriedades mecânicas similares a dos dentes. Quanto mais regular e compacta a rede polimérica, maior é a força de atração intermolecular e melhores são as características mecânicas do material. Isto é alcançado através da incorporação de monômeros multifuncionais, mas o grau de conversão em polímeros é de grande importância e por isso o processo de polimerização deve ser feito, além da luz, catalisador principal da reação em todos os sistemas de resinas disponíveis, calor e pressão (GOMES *et al.*, 2004).

Análise da Resistência Flexural

Com a avaliação dos resultados da resistência flexural, verificou-se que com relação à resina SR Adoro não houve diferenças significativas de valores de resistência entre os tratamentos. Isto permite a afirmação de que independente do tipo de tratamento superficial aplicado, todos os corpos-de-prova apresentaram resistência flexural similar. O mesmo não ocorreu com as resinas Signum Matrix e Signum+, onde se observou que houve diferenças significativas de valores de resistência entre os tratamentos (Tabela 5.10).

Foi interessante observar na resina Signum Matrix, que entre os tratamentos A e C, aqueles que receberam o tratamento sem a silanização, assim como entre os tratamentos B e D, que receberam o tratamento com silano, não foi determinada diferenças significativas de valores de resistência. Ou seja, a presença do silano na técnica de tratamento, independente da aplicação prévia de ácido, foi responsável pelo restabelecimento das propriedades iniciais do material, podendo-se verificar que a aplicação de ácido após o jateamento não alterou a resistência nesta resina. De fato, o ácido fosfórico não teve capacidade de produzir grandes alterações superficiais que comprometessem as características mecânicas do material, fator este também observado por meio da análise em microscopia eletrônica de varredura no trabalho de Hummel *et al.* em 2005.

Comparando-se os valores das médias dos tratamentos, verifica-se onde ocorreram as diferenças, sendo que os maiores valores foram encontrados nos grupos que receberam tratamento com silano (Tabela 5.9).

Na resina Signum+ houve um comportamento bastante diversificado entre os subgrupos. Todas as resinas utilizadas neste estudo são materiais que se destinam à técnica de restauração indireta, a qual preconiza a necessidade de um tratamento superficial das mesmas antes da cimentação definitiva, em virtude da dificuldade de adesão química com o cimento adesivo, devido o alto grau de polimerização adquirido (SHORTALL, BAYLIS e WILSON, 1996; PEUTZFELDT & ASMUSSEN, 2000; PEUTZFELDT , 2001).

Por isso tomou-se como grupo controle para cada resina aquele onde foi realizado apenas o jateamento com óxido de alumínio. Não se viu justificativa para a confecção de um grupo que não recebesse nenhum tratamento, visto a polimerização secundária aumenta a conversão da resina, diminuindo a possibilidade de reação entre os monômeros do agente cimentante e os polímeros da superfície do material restaurados, conseqüentemente comprometendo a adesão (PEUTZFELDT, 2001; ELLAKWA *et al.*, 2003; HUMMEL *et al.*, 2005).

Portanto, a verificação da capacidade de recuperação da resistência flexural pela silanização, proposta nesta pesquisa, foi avaliada através da comparação dos valores médios entre os tratamentos B e D com o grupo controle (tratamento A) de cada material. Assim como a verificação da influência do condicionamento ácido na resistência flexural foi verificada através da observação dos valores médios entre os tratamentos C e o grupo controle de cada material.

Ao se analisar os valores médios de resistência flexural em cada tratamento de cada resina e se comparar os tratamentos B com os controles, nota-se que as médias de resistência foram estatisticamente maiores em todas as resinas quando realizada a silanização, o que permite a afirmação de que o procedimento de

silanização trouxe benefícios mecânicos para as três resinas. Assim como, ao se analisar os valores médios de resistência flexural e se comparar os tratamentos C com os controles em cada material, observou-se que as diferenças entre as médias de resistência não foram estatisticamente significantes, denotando que o condicionamento com ácido fosfórico a 37% por 3 minutos não causou a alteração de resistência mecânica em nenhum dos três materiais.

Oliveira *et al.* (2003), observaram a importância da aplicação do silano e adesivo previamente à cimentação de resinas indiretas e observaram que a resistência à tração é maior quando este procedimento é realizado. Estes autores relataram que a vantagem que a utilização desta técnica proporciona, refere-se ao fato de que os radicais sílico-orgânicos funcionais podem promover o recobrimento completo da superfície jateada e das partículas inorgânicas expostas ao mesmo tempo em que a transformam em uma área de alta energia para trocas iônicas entre a matriz orgânica do adesivo, cimento resinoso e a superfície cimentada.

Analisando o tipo de matriz resinosa, Asmussen & Peutzfeldt (1998), mostraram que a substituição do Bis-GMA e TEGDMA por UDMA resultam em um aumento na força de tensão e resistência flexural das resinas compostas.

Loguercio, Reis e Ballester (2004), apontaram a deformação do dente sob o desenvolvimento de estresse como um dos fatores que interferem nos resultados de resistência mecânica dos materiais restauradores e este aspecto não foi levado em consideração neste estudo.

Sabe-se atualmente que as resinas laboratoriais possuem monômeros multifuncionais que proporcionam o potencial de criar um entrecruzamento maior

na cadeia de conversão de conexões duplas, resultando em maior resistência que as resinas compostas convencionais, que possuem moléculas bifuncionais de Bis-GMA. O maior ou menor grau de conversão está relacionado à composição dos monômeros e aos componentes físicos que envolvem o segundo ciclo de cura. O reforço através de fibras é citado como um recurso adicional para aumentar a resistência e garantir sua indicação em áreas mais extensas de reabilitação, em até três elementos, ou em situação de maiores cargas oclusais. (GOMES *et al.*, 2002).

Além disso, a temperatura de fontes de polimerização extra que utilizam calor acima de 125°C por um tempo maior que 7,5 min pode resultar em volatilização do componente orgânico da resina, o que implica em melhores propriedades mecânicas tornando o material mais duro, denso e forte. No entanto, materiais com UDMA perdem menos massa em maior extensão que os de BIS-GMA (BAGIS & RUEGGERBERG, 1997; CARREIRO, DOS SANTOS CRUZ e VERGANI, 2004). Estes resultados estão de acordo com os relatos de Castro Filho *et al.* (2002), os quais explicam que a diferença de formulação da matriz das resinas também resulta em propriedades mecânicas diferentes. O tipo de matriz orgânica e seu percentual são fatores que influenciam, na composição da matriz e elevam não somente a resistência à flexão, mas outras propriedades mecânicas dos materiais resinosos. Um sistema que contenha monômeros metacrilatos multifuncionais (UDMA) sofrerá um grau mais alto de conversão, o que resulta em dureza melhorada em relação a um sistema que contenha apenas monômeros dimetacrilatos, porém com baixo módulo de elasticidade e flexão.

Ressalta-se que a resina SR Adoro, apresentou resistência flexural similar à Signum Matrix e superior estatisticamente em relação a Signum+, nos tratamentos B e D (tratamentos que receberam silanização), assim como apresentou-se também superior a Signum+ e semelhante a Signum Matrix nos tratamentos A e C (jateamento e condicionamento ácido). Observa-se que não houve aumento significativo de resistência flexural da resina SR Adoro em relação a Signum Matrix, apesar da obtenção da resina SR Adoro, se dar por meio da técnica de polimerização favorável, descrita pelos autores acima como sendo a técnica que apresenta variação de temperatura.

Apesar da variação ocorrida entre os grupos de resinas e tratamentos de superfície, tanto na análise de rugosidade quanto na flexão, não houve correlação entre essas variáveis em nenhum dos grupos observados.

7 CONCLUSÃO

7 CONCLUSÃO

Após análise comparativa dos resultados com a literatura pertinente, conclui-se:

- Houve um comportamento diferenciado entre as três resinas analisadas, com relação à rugosidade superficial após os quatro tratamentos propostos, sendo que todos os grupos que receberam silanização apresentaram uma maior lisura de superfície, independente da utilização do ácido.

- Com o jateamento (A), observou-se os maiores valores de rugosidade em todas as resinas, porém após a aplicação do ácido (C), apenas a resina Signum + manteve média de rugosidade elevada.

- A resina SR Adoro apresentou rugosidade de superfície diferente entre os tratamentos que receberam silanização (B e D) e os que não receberam silanização (A e C).

- A resina Signum Matrix demonstrou restaurar a rugosidade inicial somente após tratamento com jateamento, seguido de condicionamento ácido e silanização. Enquanto a resina Signum+ apresentou este comportamento somente quando o tratamento com jateamento e silanização foi realizado. Demonstrando a obtenção de uma superfície com melhor possibilidade de união ao agente cimentante.

- A resistência flexural demonstrou-se semelhante após os quatro tratamentos de superfície na resina SR Adoro, não evidenciando ação positiva da silanização no aumento desta resistência.

- A resina Signum Matrix demonstrou que a utilização de tratamentos de superfície com silanização, foi responsável por um aumento significativo na resistência à flexão.

- Na resina Signum+ somente foi observado aumento significante da resistência flexural, no tratamento B, que recebeu silanização sem condicionamento ácido.

- Nenhuma das resinas estudadas nesta pesquisa apresentou características de rugosidade de superfície e resistência flexural compatíveis com as de resinas nanoparticuladas.

- O comportamento das três resinas frente à resistência à flexão é dependente de um conjunto de fatores, envolvendo a composição do material, o tratamento de superfície ao qual a mesma é submetido e a técnica de polimerização utilizada. Desta forma sugere-se que a correlação destes resultados com uma análise microscópica, demonstrando o comportamento topográfico destes materiais, pode ser capaz de promover um melhor esclarecimento do comportamento mecânico destas resinas.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

Anusavice JA. **Phillips science of dental materials**, 10^a. ed. Philadelphia:Saunders, 1996. p.273-300.

Aquino EB, Badarane KP, Pedrosa SS, *et al.* Prótese adesiva em cerômero. PCL 2002; 4(18):97-101.

Asmussen E & Peutzfeldt A. Influence of UEDMA, BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites. Dent Mat 1998; 14:51-56.

Ayres M. **BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciência biológicas e médicas**. Manaus: Sociedade Civil Mamirauá, 1998.

Bagis YH & Rueggeberg FA. Mass loss in urethane/TEGDMA- and Bis-GMA/TEGDMA-based resin composites during post-cure heating. Dent Mat 1997; 13:377-380.

Bandeira MFCL, De Castro SL, Pinto XC, *et al.* Restaurações estéticas indiretas em dentes posteriores: uma alternativa viável utilizando vidro cerâmico e resina composta. JBC 1998; 2(10):23-27.

Blank JT. Scientifically based rationale and protocol for use of modern indirect resin inlays and onlays. *J Esthet Dent* 2000; 12(4):195-207.

Bouschliecher MR, Cobb DS, Vargas MA. Effect of two abrasive systems on resin bonding to laboratory-processed indirect resin composite restorations. *J Esthet Dent* 1999; 11(4): 185-196.

Braga R R; Ballester R Y; Ferracane J L. Factors involved in development of polymerization shrinkage stress in resin-composites: a systematic review. *Dent Mat* 2005; (21):962-970.

Brucia JJ. Materials and techniques for achieving clinical excellence with indirect composite restorations. *Dent Clin North Am* 2001; 45(1):71-81.

Carreiro A da FP, dos Santos Cruz CA, Vergani CE. Hardness and compressive strength of indirect composite resins: effects of immersion in distilled water. *J Oral Rehabil* 2004; 31:1085-1089.

Castro Filho AA, Buso L, Araújo MAJ, *et al.* Elasticity modulus evolution of post-cure heat treatment on composite resin. *JBC* 2002; 4(19):251-256.

Castro Filho AA, Garcia MI, Neisser MP. Resistência à flexão de materiais restauradores estéticos indiretos. *RPG Rev Pós Grad*, 2000; 7(2): 120-124.

Chávez OFM & Hoepfner MG. Cerômeros- A evolução dos materiais estéticos para restaurações indiretas. JBC 1998; 2(11): 21-28.

Chibinski ACR, Gomes JC, Pereira SK. A utilização de resinas compostas laboratoriais de 2ª geração no tratamento restaurador indireto de pacientes adolescentes. PCL 2003; 5(28):519-532.

Chitchumnong P, Brooks SC, Stafford GD. Comparison of three- and four-point flexural strength testing of denture-base polymers. Dent Mat 1989; 5:2-5.

Deliperi S & Bardwell D N. An alternative method to reduce polymerization shrinkage in direct posterior restorations. JADA 2002; 10(133): 1387-1397.

Dias de Souza GM, Pereira GDS, Paulillo LAMS. Evolução e aplicações clínicas das resinas compostas indiretas. JBD 2003; 2(6):141-147.

Ellakwa AE, Shortall ACC, Burke FJT, *et al.* Effects of grit blasting and silanization on bond strengths of a resin luting cement to Belleglass HP indirect composite. Am J Dent 2003; 16(1):53-55.

Faria RP. Avaliação "in vitro" da resistência de união do Cerômero ao sistema de cimentação adesiva, através do teste de Micro-Tração. Efeito de diferentes tratamentos de superfície. [Dissertação de Mestrado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual Paulista; Araraquara, 2001.

Göhring TN, Gallo L, Lüthy H. Effect of water storage, thermocycling, the incorporation and site of placement of glass-fibers on the flexural strenght of veneering composite. *Dent Mat* 2005; 8(21):761-772.

Gomes JC, Cavina DA, Moreira AG, *et al.* Prótese adesiva *metal-free* – sistema Targis/Vectris. *JBD* 2002; 1(1):42-49.

Gomes JC, Samra APB, Chibinski ACR, *et al.* Próteses estéticas sem metal. *Biodonto* 2004; 2(2):34-50.

Herrero AA, Yaman P, Dennison JB. Polymerization shrinkage and depth of cure of packable composites. *Quint Intern* 2005; 1(36): 25-31.

Hirata R, Mazzetto AH, Yao E. Alternativas clínicas de sistemas de resinas compostas laboratoriais - quando e como usar. *JBC* 2000; 4(19):13-21.

Hummel SK, Marker V, Pace L, *et al.* Surface treatment of indirect resin composite surfaces before cementation. *J Prostht Dent* 2005; 77(6):568-572.

Iha LN, Salami D, Arana-Chavez VE, *et al.* Rugosidade e micromorfologia superficial dos tecidos dentais e de uma resina composta jateados com óxido de alumínio. *JBD* 2005; 4(14):173-80.

International Standard- Dentistry - polymer-based filling, restorative and luting materials ISO 4049: 2000. 3th ed.

Jedrychowski JR, Bleier RG, Caputo AA. Shrinkage stresses associated with incremental composite filling technique in conservative class II restorations. J Dent Child 2001; mai-jun:161-167.

Kakaboura A, Rahiots C, Zinelis S, *et al.* In vitro characterization of two laboratory-processed resin composites. Dent Mat 2003; 19: 393-398.

Krämer N, Lohbauer U, Frankenberger R. Adhesive luting of indirect restorations. Am J Dent 2000; 13(N.E):60-76.

Kulla K, Nelson S, Kula T, *et al.* In vitro effect of acidulated phosphate fluoride gel on the surface of composites with different filler particles. J Prosth Dent 1986; 56(2):161-169.

Lohbauer U, Horst TVD, Frankenberger R, *et al.* Flexural fatigue behavior of resin composite dental restoratives. Dent Mat, 2003; 19: 435-440.

Loguercio AD, Reis A, Ballester RY. Polymerization shrinkage: effects of constraint and filling technique in composite restorations. Dent Mat 2004; 10(20): 236-243.

Manhart J, Chen HY, Draeger U, *et al.* Vickers hardness and depth of cure of light cure packable composite resins. *J Dent Res* 2000; 79:369

Martín CL, López SG, Rodríguez de Mondelo JMN. The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent* 2001; 86(5):481-488.

Matson AMFP. Avaliação da resistência flexural de resinas compostas ativadas por luz halógena e laser de Argônio.[Tese de Mestrado]. São Paulo: Faculdade de Odontologia da USP; 2003.

Neter W, Applied Linear Statistical Models, Edition Fourth MecGraw-Hill, Boston: Massachusetts Burr Ridge.1986.

Oliveira Jr OB, Susin AH, Vaz LG, *et al.* Avaliação da resistência adesiva à tração de dois agents resinosos utilizados na cimentação de resina composta indireta submetida a diferentes tratamentos. *Rev ABO Nac* 2003; 11(4):218-222.

Palin WM, Fleming GPJ, Marquis PM. The reability of standardized flexure strength testing procedures for a light- activated resin-based composite. *Dent Mat* 2005; 21:911-919.

Peutzfeldt A. Indirect resin and ceramic systems. *Operative Dentistry Supplement*, 2001; 6: 153-176.

Peutzfeldt A & Asmussen E. The effect of postcuring on quantity of remaining double bonds, mechanical properties, and *in vivo* wear of two resin composites. J Dent 2000; 28(6): 447-452.

Perdigão J. Da “nanotecnologia” à “triangulogia”. Clínica Intern J Brazil Dent 2005; 1(2):165-167.

Pick B, Simas FD, Vaz MAK, *et al.* Polímeros otimizados por cerâmicas - uma nova geração. PCL 2002; 4(18): 151-158.

Rueggeberg FA, Ergle JW, Mettenburg DJ. Polymerization depths and contemporary light curing units microhardness. J Esthet Dent 2000; 12: 340-9.

Shortall AC, Baylis RL, Wilson HJ. Composite inlay/ luting resin bond strength surface treatment effects. J Dent 1996; 24(1-2): 129-135.

Siegel S. **Estatística Não-Paramétrica para as ciências do comportamento.** São Paulo: McGraw - Hill, 1956.

Sinhoretti MAC, Sálvio LA, Cosani S, Correr Sobrinho L, Cangiani MB. Flexural strenght evaluation of direct restorative materials. Biosc J 2000; 16(1):53-62.

Soares JS, Giannini M, Oliveira MT de, *et al.* Effect of surface treatment of laboratory-fabricated composites on the microtensile bond strength to a luting resin cement. *J Appl Oral Sci* 2004; 1(12):45-50.

Soeno K, Matsumura H, Atsuta M, *et al.* Influence of acidulated phosphate fluoride agent and effectiveness of subsequent polishing on composite materials surface. *Operat Dent* 2002; 27:305-310.

Swift Jr EJ, Brodeur C, Cvitko E, *et al.* Treatment of composite surface for indirect bonding. *Dent Mat* 2003; 8(3):193-196.

Vidal LP, Oliveira ACC, Pacheco JFM. Influência do tratamento interno na colagem de compósitos para restaurações indiretas. *JBC* 2002; 31:57-61.

Yap AUJ & Teoh SH. Comparison of flexural properties of composite restoratives using the ISO and mini-flexural tests. *J Oral Rehabil* 2003; 30: 171-177.

Ward DH. Esthetic restoration of tooth structure using a nanofill composite system. *Compend Contin Educ Dent* 2005; 26(4):252-254, 256-257.

Willems G, Lambrechts P, Braem M, *et al.* A classification of dental composites according to their morphological and mechanical properties. *Dent Mat* 2003; 8(5):310-319.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SR ADORO do tratamento jateamento sem silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	94.62	0.27	2.01	16	92.97	0.33	2.01
2	89.45	0.38	2.6	17	94.97	0.39	2.91
3	89.56	0.28	1.62	18	95.92	0.39	2.11
4	91.65	0.33	2.1	19	105.04	0.45	1.85
5	88.34	0.28	4.32	20	102.74	0.26	1.71
6	92.21	0.36	0.89	21	97.58	0.27	2.55
7	19.66	0.24	1.72	22	75.90	0.31	2.21
8	92.39	0.38	1.95	23	87.53	0.48	2.14
9	92.19	0.34	2.05	24	78.34	0.26	2.13
10	87.18	0.39	1.87	25	82.19	0.38	2.44
11	99.57	0.24	2.38	26	97.97	0.47	2.64
12	97.73	0.32	2.06	27	80.17	0.3	2.05
13	83.50	0.47	2.19	28	75.03	0.45	2.34
14	82.43	0.33	2.3	29	79.28	0.29	1.91
15	83.33	0.52	0.44	30	66.86	0.22	1.46

APÊNDICE B: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SR ADORO do tratamento jateamento com silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	93.23	0.35	1.39	16	100.10	0.39	1.7
2	92.43	0.39	0.7	17	101.30	0.28	0.75
3	100.08	0.31	1.99	18	105.62	0.44	0.26
4	98.18	0.36	1.88	19	81.29	0.31	0.62
5	96.08	0.36	2.04	20	88.90	0.2	1.13
6	81.91	0.26	2.17	21	92.10	0.29	1.65
7	107.39	0.47	0.8	22	74.17	0.39	1.43
8	98.86	0.32	1.36	23	78.10	0.4	1.01
9	87.39	0.23	0.96	24	81.36	0.34	0.95
10	80.19	0.28	1.22	25	82.14	0.33	0.18
11	89.35	0.25	1.28	26	92.22	0.43	0.18
12	92.00	0.46	1.48	27	83.22	0.37	0.12
13	92.19	0.41	0.31	28	92.00	0.36	0.46
14	83.32	0.43	0.28	29	89.10	0.31	0.15
15	85.35	0.22	1.79	30	109.91	0.46	0.18

APÊNDICE C: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SR ADORO do tratamento jateamento e ácido sem silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	94.29	0.32	2.58	16	72.39	0.42	1.86
2	96.39	0.34	1.21	17	104.98	0.39	2.15
3	91.40	0.31	1.76	18	83.86	0.47	1.73
4	93.12	0.37	2.09	19	99.04	0.46	1.45
5	95.99	0.24	1.95	20	95.38	0.34	1.63
6	87.35	0.34	1.93	21	53.07	0.33	1.8
7	90.92	0.26	2.31	22	83.55	0.37	1.44
8	92.05	0.36	1.82	23	82.16	0.38	1.54
9	71.11	0.39	1.68	24	95.55	0.53	2.03
10	95.07	0.39	1.68	25	89.09	0.51	2.22
11	92.15	0.39	1.97	26	104.70	0.28	1.79
12	82.05	0.41	1.41	27	71.88	0.27	1.93
13	93.21	0.43	1.6	28	85.32	0.28	2.08
14	92.85	0.34	1.71	29	68.01	0.31	2.08
15	76.46	0.47	1.55	30	100.28	0.39	2.6

APÊNDICE D: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SR ADORO do tratamento jateamento e ácido com silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	74.93	0.47	2.52	16	93.11	0.42	0.17
2	118.96	0.32	0.66	17	99.43	0.3	1.43
3	82.28	0.48	1.01	18	82.54	0.36	0.62
4	99.26	0.27	0.9	19	75.96	0.38	1.3
5	90.66	0.4	1.16	20	86.31	0.38	2.04
6	107.32	0.4	1.2	21	92.47	0.32	0.22
7	83.16	0.3	0.1	22	91.34	0.5	0.42
8	97.91	0.46	0.22	23	84.63	0.37	0.59
9	82.57	0.37	0.32	24	82.99	0.33	0.13
10	96.57	0.29	0.89	25	92.78	0.35	0.25
11	92.50	0.28	1.06	26	92.38	0.25	0.53
12	82.77	0.45	0.69	27	83.01	0.27	0.36
13	93.60	0.39	1.11	28	103.47	0.37	0.2
14	91.66	0.34	0.25	29	91.78	0.39	0.09
15	81.06	0.47	0.16	30	98.95	0.34	0.78

APÊNDICE E: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade em cada amostra da resina SIGNUM MATRIX do tratamento jateamento sem silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	93.29	0.28	2.25	16	84.40	0.39	2.23
2	90.57	0.29	2.58	17	91.26	0.41	2.01
3	83.21	0.3	1.69	18	92.16	0.31	1.7
4	90.09	0.27	3.49	19	79.92	0.39	1.44
5	79.72	0.32	1.88	20	93.11	0.32	2.96
6	67.14	0.34	1.78	21	81.51	0.44	2.09
7	75.72	0.38	2.87	22	89.21	0.39	1.84
8	72.56	0.38	2.86	23	76.17	0.38	1.91
9	72.28	0.48	1.5	24	84.59	0.43	4.79
10	80.69	0.33	2.95	25	87.51	0.39	7.49
11	88.22	0.38	2.34	26	82.59	0.43	2.12
12	66.69	0.48	4.49	27	81.51	0.3	2.21
13	86.97	0.38	2.23	28	85.02	0.33	1.8
14	99.14	0.34	1.67	29	71.25	0.3	2.39
15	89.52	0.44	2.18	30	87.22	0.4	1.27

APÊNDICE F: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM MATRIX do tratamento jateamento com silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	76.98	0.47	0.15	16	103.89	0.22	0.1
2	100.93	0.38	0.11	17	92.15	0.37	0.27
3	89.89	0.39	0.1	18	78.97	0.37	0.32
4	79.97	0.47	0.12	19	113.92	0.36	0.28
5	100.94	0.44	0.22	20	98.89	0.36	0.17
6	105.86	0.4	0.11	21	90.21	0.37	0.28
7	111.29	0.3	0.22	22	55.71	0.23	0.39
8	90.52	0.29	0.17	23	113.24	0.51	0.21
9	81.11	0.46	0.35	24	100.26	0.41	0.32
10	97.14	0.41	0.31	25	92.93	0.3	0.05
11	93.52	0.45	0.14	26	93.94	0.44	0.86
12	95.26	0.46	0.006	27	95.79	0.37	0.1
13	99.54	0.45	0.17	28	84.25	0.41	0.18
14	101.06	0.39	0.14	29	70.18	0.45	0.14
15	105.52	0.35	0.15	30	120.77	0.28	0.23

APÊNDICE G: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM MATRIX do tratamento jateamento e ácido sem silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	91.13	0.35	2.95	16	83.40	0.38	0.93
2	97.22	0.39	0.69	17	58.09	0.32	0.48
3	91.23	0.25	0.99	18	86.13	0.26	0.64
4	89.69	0.22	1.5	19	82.59	0.27	1.65
5	91.26	0.29	1.24	20	99.24	0.32	0.54
6	82.62	0.36	0.79	21	80.08	0.33	1.6
7	90.89	0.25	0.93	22	90.65	0.41	1.12
8	91.07	0.33	2.85	23	75.50	0.23	0.54
9	87.97	0.36	1.15	24	85.46	0.28	1.96
10	78.57	0.35	0.74	25	90.70	0.26	1.67
11	92.07	0.43	0.78	26	68.38	0.28	0.82
12	72.67	0.32	0.66	27	80.31	0.39	0.54
13	69.50	0.37	0.6	28	81.60	0.29	1.84
14	97.24	0.26	0.63	29	80.66	0.34	2.01
15	85.55	0.43	0.67	30	96.44	0.39	0.7

APÊNDICE H: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM MATRIX do tratamento jateamento e ácido com silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	96.99	0.33	0.63	16	117.37	0.28	0.13
2	103.47	0.38	0.42	17	88.14	0.36	0.17
3	96.91	0.33	0.11	18	87.85	0.28	0.09
4	106.42	0.31	0.09	19	81.82	0.25	0.014
5	94.77	0.51	0.38	20	86.18	0.24	0.06
6	109.06	0.3	0.07	21	102.89	0.39	0.42
7	105.80	0.46	0.07	22	100.19	0.46	0.26
8	105.10	0.41	0.14	23	101.49	0.33	0.13
9	91.86	0.39	0.05	24	93.15	0.34	0.31
10	81.27	0.36	0.73	25	92.23	0.4	0.21
11	100.09	0.31	0.27	26	103.15	0.3	0.38
12	84.18	0.3	0.12	27	114.68	0.37	0.68
13	92.86	0.31	1.15	28	68.09	0.26	0.06
14	110.28	0.31	0.52	29	93.71	0.25	0.25
15	92.67	0.34	0.16	30	104.25	0.37	0.4

APÊNDICE I: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM+ do tratamento jateamento sem silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	86.18	0.27	2.5	16	69.93	0.41	2.24
2	73.23	0.24	1.89	17	68.07	0.33	2.26
3	83.88	0.32	2.9	18	66.74	0.42	3.15
4	76.70	0.34	2.14	19	86.13	0.25	2.01
5	89.86	0.45	1.51	20	76.73	0.33	1.81
6	79.40	0.28	2.01	21	85.25	0.41	2.73
7	77.07	0.49	3.12	22	59.13	0.46	3.64
8	94.29	0.28	2.36	23	74.82	0.32	1.77
9	79.61	0.36	2.27	24	78.24	0.45	2.5
10	79.37	0.36	3.28	25	55.87	0.36	1.99
11	74.56	0.37	2.08	26	71.41	0.57	2.12
12	70.75	0.28	2.66	27	69.70	0.42	3.67
13	77.77	0.37	2.36	28	80.30	0.38	2.02
14	58.67	0.4	3.21	29	80.99	0.47	2.11
15	78.50	0.34	2.43	30	82.38	0.48	2.55

APÊNDICE J: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM+ do tratamento jateamento com silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	83.67	0.35	0.31	16	100.10	0.27	0.14
2	82.42	0.44	0.82	17	93.83	0.39	0.4
3	93.12	0.44	0.29	18	102.88	0.34	0.13
4	81.34	0.41	0.38	19	97.67	0.46	0.12
5	85.35	0.41	0.24	20	95.02	0.27	0.32
6	100.35	0.33	0.18	21	74.30	0.31	0.3
7	85.17	0.33	0.29	22	67.63	0.39	0.19
8	102.98	0.37	0.18	23	81.11	0.31	0.17
9	98.09	0.33	0.05	24	82.82	0.36	0.18
10	91.93	0.31	0.62	25	83.54	0.38	0.17
11	97.97	0.33	0.23	26	87.58	0.26	0.22
12	96.98	0.29	0.37	27	95.60	0.36	3.38
13	87.07	0.34	0.23	28	88.90	0.31	0.25
14	88.34	0.28	0.22	29	83.55	0.37	0.76
15	93.31	0.31	0.12	30	83.90	0.38	0.25

APÊNDICE K: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM+ do tratamento jateamento e ácido sem silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	76.32	0.45	3.19	16	95.49	0.39	3.39
2	95.51	0.45	2.28	17	86.90	0.32	2.52
3	90.49	0.34	1.73	18	78.36	0.34	1.79
4	79.74	0.4	3.37	19	68.11	0.39	2.88
5	60.21	0.34	2.94	20	78.34	0.32	2.62
6	75.88	0.42	2.62	21	84.50	0.41	2.65
7	80.53	0.38	2.63	22	67.15	0.32	2.22
8	72.05	0.39	2.8	23	81.56	0.23	3.82
9	87.81	0.33	3.72	24	63.69	0.26	2.28
10	82.01	0.36	1.59	25	89.94	0.36	2.51
11	91.07	0.27	2.18	26	72.71	0.34	3.74
12	73.43	0.41	2.27	27	86.18	0.25	2.27
13	75.31	0.29	2.23	28	84.03	0.36	3.04
14	85.70	0.41	1.44	29	87.93	0.41	2.05
15	88.38	0.3	2.01	30	69.93	0.33	2.16

APÊNDICE L: Tabela de valores obtidos nos testes de flexão e rugosidade nas amostras da resina SIGNUM+ do tratamento subgrupo jateamento e ácido com silanização.

AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II	AMOSTRA	Flexão (MPa)	Ra I	Ra II
1	88.69	0.32	0.29	16	79.36	0.46	0.31
2	97.76	0.3	0.26	17	90.83	0.27	0.12
3	98.34	0.26	0.32	18	84.10	0.37	0.27
4	85.05	0.38	0.59	19	85.12	0.41	0.74
5	80.84	0.47	0.91	20	86.35	0.42	0.48
6	77.76	0.46	0.96	21	67.93	0.4	0.67
7	83.99	0.28	0.41	22	80.77	0.42	0.3
8	90.41	0.31	0.48	23	81.25	0.39	0.46
9	77.18	0.35	0.57	24	85.30	0.27	0.24
10	84.43	0.37	0.28	25	70.40	0.27	0.38
11	83.23	0.3	0.44	26	53.78	0.25	0.15
12	97.65	0.45	0.27	27	76.44	0.36	0.38
13	69.58	0.29	1.03	28	79.96	0.28	0.31
14	83.01	0.26	1.08	29	86.55	0.34	0.22
15	73.82	0.3	0.42	30	81.33	0.22	0.34

