

CARLOS AUGUSTO PAVANELLI



**ESTUDO DA RESISTÊNCIA À TRAÇÃO DE CÁPSULAS E
TROQUEIS METÁLICOS CIMENTADOS, EM FUNÇÃO DE
ALÍVIO E RETENÇÃO PARA O CIMENTO**

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de DOUTOR, pelo Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA RESTAURADORA, Área de Concentração em Prótese.

Orientador: Prof. Tit. José Eduardo Junho de Araújo

São José dos Campos

2002

TD 3

P288

t 1503

Apresentação gráfica e normalização de acordo com:

BELLINI, A. B.; SILVA, E. A. Manual para elaboração de monografias: estrutura do trabalho científico. São José dos Campos: FOSJC/UNESP, 2000. 99p.

PAVANELLI, C. A. Estudo da resistência à tração de cápsulas cimentadas sobre troquéis metálicos em função de alívio e retenção para o cimento. 2002. 101f. Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora, Área de concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

DEDICATÓRIA

AOS MEUS PAIS

MARIA GENY e VICENTE PAVANELLI: por todos os sacrifícios e privações; pela vida que deixaram de viver. Essa conquista devo a vocês.

À HELOISA

Sempre companheira, atenciosa e compreensiva.
Meu eterno amor.

Ao HUMBERTO e à ÉRIKA

Obrigado por serem excelentes filhos. Sem vocês, nada teria sentido.

Ao meu grande PROFESSOR

JOÃO VIEIRA DE MORAES, pela sua paciência paternal, incansável, e pela sua imensa capacidade de compreender. Sua alma nobre tem sido um sinalizador do caminho a seguir.

Ao meu ORIENTADOR

Prof. JOSÉ EDUARDO JUNHO DE ARAÚJO, pela confiança, amizade e companheirismo que sempre me dedicou. Seu incentivo me fez chegar até aqui. Sua determinação me ensina a prosseguir. Serei eternamente grato.

Ao LAFAYETTE

Grande amigo, muito humano, um grande coração.
Obrigado.

Ao MARCOS MAEKAWA e EDUARDO UEMURA

Pelo incentivo, apoio, companheirismo e amizade.

Ao WILSON SILVÉRIO

Engenheiro, competente, determinado, sempre solícito. Incentivou, realizou projetos e tornou viável a execução técnica desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

À DEUS

Pela mulher e filhos maravilhosos com os quais me presenteou.

Pelas provações que nos fortalecem.

Agradeço de todo coração, a generosidade.

À Profa Maria Amélia Máximo Araújo, pela amizade e paciência que sempre demonstrou ao me ensinar.

À Faculdade de Odontologia de São José dos Campos e ao Curso de Pós-Graduação, pela oportunidade.

Ao Prof Ivan Balducci e à Profa Symone Cristina Teixeira, do Departamento de Odontologia Social, pelo inestimável auxílio na interpretação dos resultados estatísticos desse trabalho.

Aos Funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela amizade e incentivo.

Às Secretárias Suzana Cristina e Eliane Wenzel, do Departamento de Materiais Odontológicos e Prótese, pela atenção, amizade e dedicação, que muito nos auxiliam nessa árdua tarefa.

Aos funcionários e Professores do Departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP, pelo companheirismo e empenho muito além do dever. Meu agradecimento especial ao Célio, Wilson e Urbano.

A todos que contribuíram para a realização desse trabalho.

MEUS AGRADECIMENTOS SINCEROS

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	09
RESUMO	10
1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 Desenho dos preparos coronários	17
2.2 Alívio para o cimento	22
2.3 Rugosidade das superfícies.....	38
3 PROPOSIÇÃO.....	54
4 MATERIAL E MÉTODO.....	55
4.1 Obtenção das cápsulas e troqueis.....	55
4.1.1 Características dos troqueis	58
4.1.2 Características das cápsulas	60
4.2 Discrepância vertical de assentamento.....	62
4.3 Cimentação	64
4.4 Testes de resistência à tração para remoção das cápsulas cimentadas	66
4.5 Análise estatística.....	68
5 RESULTADOS	71
6 DISCUSSÃO	80
6.1 Quanto ao desenho dos preparos.....	81
6.2 Quanto ao espaço para o cimento	83
6.3 Quanto à superfície e os resultados.....	86
7 CONCLUSÕES.....	92
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS.....	99
ABSTRACT.....	100

PAVANELLI, C. A. Estudo da resistência à tração de cápsulas cimentadas sobre troqueis metálicos em função de alívio e retenção para o cimento. 2002. 101f. Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora, Área de concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi estudar resistência à tração de cápsulas cimentadas sobre troqueis metálicos, com cimento fosfato de zinco, variando quantidade de alívio interno nas cápsulas e sulcos horizontais nas cápsulas e nos troqueis. Foram torneados duzentos e oitenta e oito cilindros de aço inoxidável, representativos de cento e quarenta e quatro troqueis e igual quantidade de cápsulas, semelhantes a preparos e respectivas coroas totais, em Torno tipo CNC (Controle Numérico Computadorizado). As dimensões padronizadas dos troqueis foram: 9mm de diâmetro na base maior (cervical); 8mm de altura cérvico-oclusal; terminação em ombro com um milímetro de largura e 135° de inclinação; e 10° de conicidade nas paredes axiais. As cápsulas foram obtidas por usinagem do interior de outros cilindros, com a forma idêntica e negativa em relação à forma dos troqueis. Quarenta e oito condições experimentais foram estabelecidas e cimentadas, em três réplicas para cada condição. O alívio das cápsulas foi de 2 μ m (na condição sem alívio), 30 μ m e 60 μ m (nas condições com alívio). A confecção de sulcos variou entre zero e três sulcos, nas cápsulas e nos troqueis, com 200 μ m de profundidade e em quantidades iguais de espécimes para cada condição estudada. Assim, as condições experimentais somente se repetiram nas réplicas. Os corpos-de-prova obtidos das cimentações foram submetidos a teste de tração em máquina universal de ensaios Emic (Itaquaquecetuba-SP), no Departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP. Os resultados receberam tratamento estatístico pelos métodos de Análise de Variância e de Tukey, mostrando diferença significativa ao nível de 5% para as variáveis alívio e sulco nas cápsulas individualmente e quando esses fatores interagiram. Não houve diferença estatística para a variável sulco nos troqueis. A resistência à tração aumentou com o alívio e com a quantidade de sulcos nas cápsulas, mas permaneceu sem alteração com os sulcos nos troqueis.

PALAVRAS-CHAVE: Prótese dentária, retenção, alívio; cimentação; rugosidade da superfície.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Torno CNC Romi (Indústrias Romi S/A), torneando cilindro para obtenção de um troquel.....	55
FIGURA 2 - Conjuntos cápsulas/troqueis, protegidos em caixa de madeira.....	57
FIGURA 3 - Desenho esquemático de um troquel e dimensões.....	57
FIGURA 4 - Desenho esquemático de troquel mostrando sulco horizontal circundando perpendicularmente toda a parede axial.	58
FIGURA 5 - Desenho esquemático de troquel com dois sulcos horizontais.....	59
FIGURA 6 - Desenho esquemático de troquel com três sulcos horizontais.	59
FIGURA 7 - Desenho esquemático de cortes longitudinais de cápsulas com sulcos horizontais.....	61
FIGURA 8 - Amostra de troqueis e cápsulas relacionados para cimentação	61
FIGURA 9 - Delineadores modificados para fornecer 5Kg de pressão de assentamento.....	63
FIGURA 10 - Função dos componentes do dispositivo desenvolvido para manter pressão de assentamento sobre os corpos-de-prova.	64
FIGURA 11 - Balança de precisão proporcionando pó e líquido do cimento.....	65
FIGURA 12 - Dispositivo mantendo corpos-de-prova em posição sob pressão constante de assentamento.....	66
FIGURA 13 - Máquina de Ensaios Universal EMIC.....	68
FIGURA 14a - Gráfico da quantidade de sulcos nos troqueis e tipo de alívio nas cápsulas, quanto à força de tração necessária à separação das superfícies cimentadas	76
FIGURA 14b - Gráfico da interação das condições alívio e sulco na cápsula....	76
FIGURA 15 - Gráfico dos efeitos da interação do fator alívio, com a condição sem sulco nas cápsulas.	78

FIGURA 16 - Gráfico dos efeitos da interação do fator alívio, com a condição um sulco nas cápsulas.....	78
FIGURA 17 - Gráfico dos efeitos da interação do fator alívio, com a condição dois sulcos nas cápsulas.....	79
FIGURA 18 - Gráfico dos efeitos da interação do fator alívio, com a condição três sulcos nas cápsulas.	79
FIGURA 19 - Diagrama mostrando situações experimentais de sulcos em relação a acréscimo de área.....	87
FIGURA 20 - Diagrama mostrando decomposição vetorial da força de resistência à tração na parede axial.....	88
FIGURA 21 - Diagrama mostrando força de resistência à tração na parede oclusal.....	88
FIGURA 22 - Fórmula para determinar a pressão.....	89
FIGURA 23 - Fórmula para cálculo da área.....	90
FIGURA 24 - Diagrama de secção reta mostrando a diferença de área acrescida, com a realização de sulcos na cápsula e no troquel.....	91

1 INTRODUÇÃO

Desajuste marginal em Prótese Parcial Fixa (PPF), qualquer que seja a razão, é sinal de falha e certamente a causa de diminuição da longevidade do tratamento.

A ocorrência de solução de continuidade no selamento das margens, local de confluência da interface dente-restauração, é sinal de que o problema está latente. O cimento que deveria selar este espaço e perpetuar a fixação da PPF assume certa responsabilidade, difícil de ser quantificada. Entretanto, parece certo afirmar que quanto mais próximos estiverem os términos, menos dependente das propriedades do cimento estará a integridade das margens.

Tem sido comum avaliar o assentamento de coroas, principalmente nos estudos "*in vitro*", através da verificação de ocorrência de discrepância vertical de assentamento (Campagni, et al.⁸, 1986; Gegauff & Rosenstiel¹⁸, 1989; Tan & Ibbetson⁴⁴, 1996). Neste caso, o comprimento longitudinal do conjunto dente-coroa assentado, cimentado, é comparado com o valor obtido, nas mesmas condições, previamente à cimentação. A interposição de cimento, pela própria espessura das suas partículas, pode gerar aumento do espaço entre as superfícies cimentadas, caracterizando pior assentamento. Assim, o valor ideal da discrepância vertical de assentamento deveria ser aquele que mais se aproximasse de zero.

Muitas causas podem ser relacionadas com o desajuste marginal, entre elas: qualidade das margens da coroa; resistência ao assentamento criada pelo desenho do preparo; cimento selecionado e ou

manipulado inadequadamente; quantidade e duração da pressão de cimentação e a própria técnica de cimentação.

Existem estudos que apesar de indicarem aplicação de pressão durante a cimentação concluem que a quantidade necessária à promoção do melhor assentamento não deveria ser exagerada, pois poderia induzir deformações permanentes nas estruturas (Wilson⁵⁰, 1993). Neste sentido, o escoamento do cimento deveria ser facilitado para que o tempo de assentamento fosse diminuído e a pressão hidráulica contrária exercesse mínima interferência.

Grajower & Lewinstein¹⁹, 1983, referiram-se à pressão hidráulica criada pelo escoamento do excedente do cimento usado na cimentação da restauração, como um dos principais fatores responsáveis por discrepâncias verticais de assentamento e desajustes marginais.

A pressão hidráulica pode também ter componentes provenientes da geometria dos preparos (área, altura, convergência e acabamento das paredes axiais, tipo de término cervical, sulcos, poços e caixas); da fluidez (molhabilidade), viscosidade e tamanho das partículas do cimento. A retenção, apesar de imprescindível na PPF, muitas vezes pode dificultar o assentamento ao se opor ao escoamento do cimento. De modo semelhante, a rugosidade das superfícies apesar de dificultarem o assentamento, têm sua importância na manutenção da retenção.

De qualquer forma, somente o assentamento perfeito não é garantia de sucesso da restauração protética. Ele deve ser garantido de forma definitiva através de procedimentos e artifícios que aumentem a resistência ao deslocamento da prótese da posição final de assentamento (Shillingburg et al.⁴⁰, 1988).

Vários procedimentos têm sido propostos, visando diminuir a pressão hidráulica: alívio dos troqueis previamente ao enceramento das coroas (Jorgensen²⁶, 1960; Carter & Wilson^{9,10}, 1996 e

1997; Wilson⁵², 1996); alívio da superfície interna das fundições (Eames et al.¹⁵, 1978; Stephano et al.⁴², 1989); execução de perfurações e sulcos de escape nas fundições (Cooper et al.¹², 1971; Van Nortwick & Gettleman⁴⁷, 1981; Miller & Tjan³³, 1982); escolha correta do cimento e aplicação de pressão adequada na cimentação (Wang et al.⁴⁹, 1992).

Autores como Gavelis et al.¹⁷ (1981) e Syu et al.⁴³ (1993), demonstraram com seus experimentos, interesse em verificar a existência de relação entre adaptação marginal e geometria dos terminos dos preparos. Indicaram os desenhos com bisél, por propiciarem melhor adaptação. Entretanto, Byrne⁵ (1992) e Syu et al.⁴³ (1993), concluíram que a linha de terminação, não influenciava na adaptação.

O tipo de termino marginal mais adequado, para Shillingburg et al.⁴⁰, 1988, é consequência da geometria do preparo coronário como um todo e determinado pela exigência de espaço necessário ao melhor desempenho do material restaurador escolhido. Assim, segundo Butel⁶, 1991, para se determinar a melhor geometria de um término cervical é necessário considerar o material restaurador usado.

Para alguns autores, o tamanho da partícula do cimento parece definir o grau de desajuste marginal final (Jorgensen²⁶, 1960; Campagni et al.⁷, 1982; Wilson et al.⁵³, 1990). Se a partícula for grande a espessura aumentará e as propriedades do cimento passarão a ter toda a responsabilidade sobre os resultados.

Assentamento adequado, adaptação marginal e retenção são fatores desejáveis e necessários em qualquer trabalho protético, principalmente quando se trata de Prótese Parcial Fixa (PPF).

Mais recentemente, com o desenvolvimento de novos materiais, entre eles os cimentos adesivos, a geometria responsável pela retenção mecânica tem sido preterida pela adesividade, via de regra com sucesso, como forma de preservação do remanescente dentário.

Na PPF convencional os cimentos preenchem as micro-retenções entre as superfícies: interna das coroas e externa dos dentes preparados, garantindo ao conjunto o embricamento mecânico necessário à preservação da retenção e atenuando a infiltração de fluidos bucais.

Phillips³⁸, 1978 creditou grande parte dos desajustes marginais a fatores relacionados com a técnica e materiais empregados na sua execução. Para esse autor, os fatores relacionados a desajustes deveriam ser identificados, qualificados e quantificados, conforme sua contribuição para o agravamento do problema.

Parece evidente a necessidade de espaço para permitir acomodação do cimento e perfeito assentamento vertical. O alívio do troquel, previamente ao enceramento, com uma espessura controlada de verniz espaçador, tem se mostrado eficiente nesse objetivo.

Aliviar internamente restaurações significa também aumentar a espessura da película do cimento. Para Gegauff & Rosenstiel¹⁸, 1989, alívio interno das restaurações pode causar diminuição da retenção. Entretanto, Passon et al.³⁶, 1992, realizaram experimentos em que não encontraram diferença na quantidade de retenção quando os troqueis eram aliviados. Por outro lado, Eames et al.¹⁵ (1978) e Marker et al.³¹ (1987), encontraram resultados que mostravam que a retenção poderia até aumentar.

Clinicamente, perfeito assentamento não significa necessariamente contato total e íntimo das paredes das coroas com as paredes dos dentes preparados, mas contato íntimo das margens. Se todos os procedimentos clínicos fossem absolutamente perfeitos as próteses jamais se adaptariam aos preparos, visto que dois corpos jamais poderiam ocupar o mesmo lugar no espaço.

Nessa linha de raciocínio, paredes demasiadamente justas poderiam comprometer o assentamento, favorecer o surgimento de resistência ao escoamento do cimento e maximizar a importância da viscosidade e tamanho das suas partículas.

O cimento de fosfato de zinco, apesar de sua total falta de adesividade, tem mostrado ao longo dos anos, grande facilidade de técnica e excelente performance clínica.

A intrigante discordância sobre esses assuntos tem servido de motivação a realizarmos trabalhos nessa área.

Neste experimento, pretendemos simular preparos coronários para coroas totais e coroas totais (através da usinagem de troqueis e de cápsulas metálicos), realizar cimentações e avaliar a resistência à separação por tração, das cápsulas e troqueis cimentados, em situações onde o alívio das cápsulas e a retenção das superfícies dos preparos coronários (troqueis) e das cápsulas, receberão sulcos horizontais para retenção do cimento.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Muitos fatores têm sido relacionados com desajuste das margens das próteses parciais fixas e como responsáveis por resultado clínico insatisfatório.

A busca pelas causas efetivas desses desajustes pode resultar em controvérsias quanto à determinação da sua origem. Frequentemente os tipos de preparos, desenho, tipo de acabamento e término cervical, além do material restaurador, são relacionados. Quando o fator observado é o cimento: o tamanho da partícula, a espessura da película e o tipo e quantidade de pressão de assentamento na cimentação, são os mais estudados.

Destaque, muitas vezes é atribuído ao desenho dos preparos, talvez pelo fato do seu estreito relacionamento com a preservação do remanescente dentário e com a função de fornecer: espaço adequado ao material restaurador, à retenção da restauração e condições para uma perfeita adaptação.

2.1 Desenho dos preparos coronários

Relacionamento entre tipo de término cervical com qualidade de adaptação marginal é frequentemente observado nos meios acadêmicos. Kern et al.³⁰ em 1993, atribuíram importância aos cuidados com a manutenção da integridade da linha de terminação marginal porque esse é o principal local de comprovação clínica do correto assentamento das PPF.

Basset et al.⁴, 1964, conferiram ao chanfro o rótulo de melhor tipo de acabamento marginal para as coroas totais metálicas.

Gavelis et al.¹⁷, 1981, realizaram pesquisa para avaliar o efeito de vários tipos de linha de terminação de preparos para coroas totais, tanto no selamento marginal como no assentamento oclusal. Utilizaram oito troqueis de aço inoxidável usinados em torno mecânico, semelhantes a preparos para coroas totais. Como características esses troqueis possuíam em média 6mm de altura de oclusal até o término, a inclinação da parede axial era de 5°, resultando 10° de convergência para oclusal e o diâmetro cervical da parede axial, exceto para o troquel terminado em lâmina de faca, foi de 8mm. O milímetro próximo à borda foi reservado para a execução das terminações (ombro 90°; ombro inclinado 135°; ombro 90° com bisel 95°; ombro 90° com bisel 135°; ombro 90° com bisel 120° e chanfro acentuado com bisel 95°). Elaboraram cinco coroas para cada troquel, por fundição em liga de ouro tipo III. Construíram troqueis em resina acrílica (Duralay) diretamente dentro das fundições. Após 24 horas removeram e acabaram esses troqueis de resina e sobre eles realizaram as cimentações das mesmas coroas, em máquina Instron, sob compressão inicial de 100 libras (45,8kg) reduzida gradativamente no intervalo de 10min para 57 libras (26,1kg), com a interposição de um mordente de madeira de laranjeira. Os corpos de prova cimentados foram então incluídos em resina e cortados no centro, longitudinalmente, com disco diamantado. As superfícies foram polidas com lixas de granulação de 240 a 600. Os espaços do cimento foram mensurados com um micrômetro montado em um microscópio de reflexão. Demonstraram que o assentamento das coroas estava diretamente relacionado com o tipo do desenho da margem cervical dos preparos e concluíram que as terminações com bisel ofereciam melhor adaptação, em seguida estavam os terminos em ombro reto e ombro inclinado em 135°.

Kashani et al.²⁹, 1981, demonstraram através de gráficos a relação entre a geometria dos ângulos dos biséis cervicais dos preparos, com a espessura da película do cimento resultante. Encontraram que nos terminos em ombro com bisel de 120° a área de cimento exposta diminuí em 50%. Afirmaram também, que restaurações com margens gengivais muito finas, tornavam-se expostas a alterações dimensionais causadas pela pressão hidráulica durante o ato da cimentação. Para esses autores, os biséis deveriam ser superiores a 120°.

Dedmon¹⁴, 1985, analisou a relação entre abertura marginal de coroas fundidas e desenho do término cervical dos preparos. Utilizou cem troqueis preparados para coroas totais, para aleatoriamente serem enviados a quatro laboratórios comerciais, para confecção de coroas fundidas. Todas as margens dos troqueis foram recortadas e marcadas antes de serem enviadas aos laboratórios. As dimensões das aberturas das margens foram classificadas como abertas e fechadas quando excedessem ou não 39µm. Uma lupa de 2X de aumento foi usada na visualização das margens, simultaneamente a uma tentativa de penetração que era feita com uma tira de metal afilada, de 38µm de espessura, entre a margem da fundição e o troquel. Se a tira conseguisse penetrar na margem, assumia-se que a abertura era maior que 39µm. Os desenhos das margens foram inspecionados sempre que as fundições eram feitas. Os tipos de desenhos marginais foram separados em grupos e subgrupos, de acordo com a semelhança das aberturas. Como resultado, observou que 9,4% das fundições terminadas em chanfro apresentavam aberturas superiores a 39µm; esse valor caiu para 5,2% nos terminos em lâmina de faca e cresceu para 50% nos casos de ombro puro.

McAdam³², 1985, preparou dois dentes para coroa metalocerâmica com ombro de 90° a 1mm de profundidade abaixo da

margem livre gengival. Em um deles realizou um bisél em 135° com uma broca de corte somente na ponta e com angulação apropriada. Os resultados da qualidade e lisura das terminações foram obtidos por observação em microscopia eletrônica de varredura magnificados de 25 e 90 vezes. Na opinião do autor, as terminações em ombro inclinado com 135° nos preparos para metalocerâmica foram mais apropriadas a permitir melhor fechamento das margens das restaurações e maior facilidade de escape do excesso do cimento na cimentação.

Shillingburg et al.⁴⁰, 1988, indicaram linha de terminação em chanfro para a maioria das fundições, devido ao fato desta terminação permitir margens finas, mas com suficiente espessura para resistir à ação das forças de deslocamento da prótese.

Hunter & Hunter^{23,4}, 1990, realizaram revisão da literatura e discussão sobre configurações das margens dos preparos para prótese, em duas partes: na primeira²³ verificaram terminologia e extensões dos preparos e na segunda²⁴, discrepâncias e configurações. Discutiram tipos e ângulos de terminações e seu significado clínico com relação às discrepâncias marginais de assentamento das coroas metálicas fundidas. Analisaram também os relatos sobre várias configurações de término cervical. Concluíram que o emprego de formas geométricas arredondadas minimizava as discrepâncias de assentamento e adaptação.

Byrne⁵, 1992, examinou o efeito da configuração das linhas de terminação no ajuste de coroas totais cimentadas. Para isso, preparou três dentes, de forma idêntica para coroas totais. Em cada um realizou um tipo de término cervical diferente: ombro, ombro-oblíquo, e chanfro. Os dentes preparados deram origem a 45 cópias de resina epóxica, quinze para cada desenho de linha de terminação. Foram obtidas trinta coroas metálicas por fundição e assentadas sobre os respectivos dentes de resina epóxica, quinze sem cimento e quinze com

cimento de fosfato de zinco. Um jogo adicional de quinze fundições foi assentado sobre seus troqueis de trabalho e reservado para medidas de controle. Os demais foram incluídos em resina, seccionados, e mensurados em locais predeterminados. Os resultados mostraram que a forma da linha de terminação não afetou o ajuste das coroas cimentadas. Concluiu que tanto os troqueis como os tipos de terminações, não influenciaram de forma relevante no assentamento e na adaptação das coroas.

Syu et al.⁴³, 1993, estudaram a adaptação de coroas totais fundidas em liga com alto teor de paládio, em preparos dentais com três tipos de terminação cervical: ombro inclinado a 110°, ombro biselado a 45° e chanfro. Realizaram trinta fundições padronizadas, seguindo as recomendações dos fabricantes quanto à utilização da liga e revestimento. As fundições foram assentadas sobre seus troqueis, incluídos em resina acrílica e seccionadas no longo eixo, no sentido vestibulo-lingual. O espaço, entre face externa do troquel e a face interna da coroa foi mensurado em posições pré-determinadas. Análise estatística dos resultados mostrou não existir diferença significativa em nível de 5% para os espaços axiais e marginais entre os grupos. Concluíram não haver influência do tipo de término do preparo com relação ao assentamento, e que as fundições com discrepâncias cervicais de assentamento inferiores a 10µm, apresentavam espaço nas paredes axiais variando entre 15 e 33µm.

Pilo & Cardash³⁹, 1998, estudaram as espessuras de cimento sob coroas cimentadas com cimento de fosfato de zinco, após uso clínico de pelo menos dez anos (média de 16,7 anos). Analisaram 97 dentes extraídos por doença periodontal. Esses dentes foram seccionados e as espessuras de cimento medidas em pontos predeterminados na oclusal e paredes axiais, com um microscópio mensurador, com ampliação de 150x. As espessuras de películas de cimento nas paredes vestibulares e linguais foram semelhantes (116µm e

109 μ m, respectivamente), mas muito menores que nas paredes oclusais (310 μ m). Concluíram que: correlações pobres existiram entre películas de cimento em paredes vestibulares e linguais e entre estas e as paredes oclusais; o assentamento incompleto estava fortemente relacionado com o assentamento oblíquo das coroas; a espessura da película do cimento estava relacionada com o tipo do dente e a geometria do preparo.

2.2 Alívio para o cimento

Jorgensen & Esbensen²⁷, 1968, relacionaram espessura de película de cimento e retenção de coroas totais tipo veneer. Utilizaram no experimento troques de preparos para coroa total e coroas totais, torneados em latão, com 8mm de altura e 8mm de diâmetro e 5° de expulsividade de parede axial ou 10° de conicidade entre as paredes axiais opostas. As rugosidades das paredes foram padronizadas com a utilização das mesmas brocas e mesma velocidade de corte. Nenhuma coroa ou troquel foi usado para mais que uma mensuração de retenção. O cimento utilizado foi o fosfato de zinco. A cimentação foi feita sob leve pressão digital, manipulado conforme norma da especificação nº 6 da FDI. O aparelho utilizado para cimentação e mensurações da discrepância de assentamento foi um V-block de aço inoxidável com um micrômetro de precisão (2 μ m) acoplado. A espessura da película do cimento variou de 20 a 140 μ m, causando discrepância de assentamento de 229 μ m a 1606 μ m respectivamente, nos conjuntos. Observaram que com o aumento da espessura da película do cimento, a área retentiva do preparo diminuía em mm². A resistência à tração encontrada sobre esses corpos de prova sofreu redução de 300 para 200 libras/mm², com o aumento da película e diminuição da área. Os autores concluíram que

com essas variações encontradas na espessura da película do cimento, a retenção foi influenciada apenas moderadamente.

Eames et al.¹⁵, 1978, realizaram este trabalho para avaliar técnicas que visavam melhorar o assentamento de fundições. Para o estudo de coroas totais, utilizaram primeiros e segundos molares humanos, preparados *in vitro*, seguindo métodos próximos dos realizados sob condições clínicas. Fizeram variações experimentais do ângulo de convergência dos preparos, efeitos do uso de diversos tipos de cimento, efeitos de perfurações e alívios (por ataque ácido com água régia e por aplicação de verniz espaçador sobre troqueis previamente aos enceramentos). Variaram o ângulo de expulsividade de 5° e 10° (respectivamente 10 e 20° de convergência). Coroas totais foram obtidas por fundição em ouro tipo III. As cimentações foram realizadas com cimento fosfato de zinco (Fleck's), na proporção pó líquido de 2g para 1ml; cimento de policarboxilato (Durelon) na proporção 1g para 1ml; cimento de sílico fosfato (Fluorothin), 2,75g para 1ml; e um cimento resinoso CBA 9080. Fundições e dentes preparados foram pincelados com cimento e pressionados manualmente uns contra os outros, simulando condições clínicas. Alívios internos das fundições, da superfície dos troqueis e perfurações nas fossas centrais, foram também variáveis avaliadas. Dez espécimes de controle foram reservados tanto com 10 como com 20°, aliviados e não aliviados e testados com força estática de assentamento de 33 libras. Mensurações foram realizadas com os espécimes de teste, com e sem cimento, aliviadas e não aliviadas. Notaram que sob pressão, havia uma melhora de mais de 150µm em relação à mensuração obtida quando não aplicavam pressão e se removida a carga, as coroas voltavam à sua posição inicial. Quando submetidas a ataque ácido pela água régia, a discrepância de assentamento diminuía para cerca de 50µm e ainda, quando sob carga de 33 libras (aproximadamente 15kg), o desajuste diminuía para 20µm. Ao

fenômeno de se obter resultados maiores de desajuste quando mensurações eram realizadas sem a presença de cimento e menores quando as coroas eram cimentadas, denominaram *rebound phenomenon* (fenômeno de rechaçamento). Concluíram também que alívio interno trazia como vantagem melhor assentamento porque as tensões internas eram reduzidas com a criação de um espaço maior para o cimento. A retenção nestes casos chegava a ser aumentada em cerca de 25%.

Hembre & Cooper,²², 1979, estudaram os efeitos do alívio dos troqueis na retenção de coroas fundidas e inlays. Utilizaram neste experimento dez molares superiores e dez premolares inferiores. Foram realizados preparos para coroas totais nos molares e inlays MOD nos premolares. Os preparos foram feitos tão semelhantes uns aos outros quanto possível. As coroas foram enceradas diretamente sobre os dentes preparados, incluídas em revestimento Cristobalite à vácuo e fundidas com ouro tipo III. As fundições foram cimentadas sobre seus respectivos preparos, com três tipos de cimentos, sob 8,9kgf de pressão de assentamento, por 10min. Após 30min o excesso de cimento foi removido. Antes de serem testados, permaneceram 24 horas imersos em água a 37°C. Realizaram então, testes de tração em máquina Instron a 0,5mm/min e a força necessária à remoção da fundição do seu preparo foi registrada. Os restos de cimento foram removidos do interior das coroas com instrumento pontiagudo e juntamente com os dentes, foram colocados em um aparelho de limpeza por ultra-som. Cada fundição foi embebida em ácido hidrófluorídrico para remover todo o eventual remanescente de cimento. Todas as fundições foram lavadas e secas antes de serem novamente cimentadas com outro cimento. Em uma segunda parte do estudo, foi usado um verniz espaçador para alívio de troqueis (Tru-Fit – George Taub Products), aplicado em quatro camadas, em intervalo de um minuto por camada sobre o próprio dente preparado, segundo os autores, para eliminar as variáveis de moldagem e materiais

envolvidos quando o troquel é de gesso. Os demais procedimentos ocorreram como descrito anteriormente para o grupo controle. Os valores de resistência à tração foram coletados, tabulados e submetidos a teste estatístico. Os resultados mostraram que a força retentiva dos cimentos fosfato de zinco e policarboxilato foram maiores que a do cimento de óxido de zinco e eugenol, tanto na técnica convencional quanto na situação com alívio. Entretanto, estatisticamente a diferença entre as técnicas não foi significativa.

Ishikiriama et al.²⁵, 1981, utilizaram arcadas superiores e inferiores de alumínio, com dentes em resina, considerados pelos autores anatomicamente ideais. Os primeiros molares inferiores foram preparados para coroas totais, seccionados transversalmente 4mm abaixo do limite cervical do preparo. No centro dessa base seccionada foi colado um cilindro de resina com 4mm de diâmetro, usado para adaptar ao alvéolo da arcada de alumínio e como base para mensuração do assentamento. Essa extensão de resina permitia ao troquel retornar à mesma posição tanto na base do alvéolo como na base de mensuração. O dente de resina preparado foi incluído em revestimento e fundido em liga de cromo-cobalto, resultando troqueis metálicos que foram acabados e polidos. Uma matriz metálica foi utilizada para controlar a espessura da camada de cera. Os padrões de cera obtidos foram incluídos em revestimento e fundidos em liga de ouro tipo III. Para provar sua adaptação, o troquel metálico foi levado ao alvéolo da arcada inferior e sobre ele foi assentada a coroa de ouro fundida. O assentamento, o relacionamento com a arcada antagonista e os contatos proximais com os dentes vizinhos foram então avaliados. Se aprovados eram removidos dos alvéolos, transferidos para a base metálica de mensuração e fixados com um pino transversal em canais existentes em ambas estruturas. Fizeram cimentações *in vitro*, de forma semelhante à realizada com pacientes, variando a quantidade de cimento carregado dentro das coroas e

encontraram que: quando apenas pincelado o cimento no interior das coroas, provocavam melhor assentamento e mais rápido do que quando a coroa era completamente cheia de cimento. Concluíram que fatores como vibração durante a cimentação, perfuração para escape do cimento, alívio interno com ataque ácido, todos juntos, combinados ou isolados, melhoravam o assentamento das coroas.

Grajower & Lewinstein¹⁹, 1983, analisaram matematicamente o efeito da expansão dos revestimentos, para compensar a contração de resfriamento das ligas metálicas nas fundições. Avaliaram também os alívios criados por espaçadores, com o objetivo de diminuir a interferência do cimento durante a cimentação e melhorar o assentamento das coroas sobre os dentes preparados. A expansão de compensação dos revestimentos é necessária para compensar a contração de resfriamento da liga após a fundição e pode ser definida como a relação entre as dimensões da fundição e as dimensões do padrão de cera, admitindo que nenhuma outra distorção ocorra durante a inclusão e fundição. Assim, se a expansão do revestimento for proporcionalmente igual à contração da fundição (1x1), as dimensões da peça fundida serão iguais às dimensões do padrão de cera. Quanto às técnicas para obtenção de alívio, relataram ser difícil calcular o espaço necessário para que este compense a película do agente cimentante, mas arbitrariamente concluíram que um alívio de 50µm poderia ser usado. Deste valor, 30µm seriam para as partículas do cimento e 20µm para possíveis distorções do modelo ou do padrão de cera.

Vermilyea et al.⁴⁸, 1983, estudaram os efeitos do agente de alívio dos troqueis sobre a retenção de coroas totais fundidas, usando três agentes de cimentação. Utilizaram 18 molares humanos recém extraídos, fixados com resina acrílica em um anel metálico de 1,9cm de diâmetro. Prepararam esses dentes, para coroas, manualmente, com

peça de mão de alta rotação e broca diamantada, calibrando a inclinação das paredes axiais em 10 e 20 graus. Padronizaram as margens cervicais em chanfro e o acabamento com broca diamantada de granulação fina. Os preparos foram polidos com pasta de pedra pomes e roda de pano umedecido. Moldaram com moldeiras individuais e polissulfeto de borracha (Permlastic, Kerr) pesado e leve, simultaneamente, em injeção de dupla mistura (as moldagens foram realizadas duas vezes para cada dente preparado). Vazaram os 36 troqueis com gesso tipo IV (Silky Rock, Whip Mix). As paredes de dezoito dos troqueis de gesso foram recobertas até 0,5mm da margem cervical, com agente espaçador para troqueis (TriFit, George Taub) e os dezoito restantes não foram aliviados. Coroas foram enceradas e fundidas em ouro (Midas, Jelenko), com a técnica da cera perdida, em máquina de fundição à vácuo. Os conjuntos experimentais foram: dezoito dentes preparados, 18 *copings* aliviados e 18 não aliviados. Esses conjuntos foram numerados aleatoriamente e selecionados por pares, para cimentação com cimento fosfato de zinco (Flecks, Mizzy), cimento de policarboxilato (Durelon, Premier) e cimento de óxido de zinco e eugenol reforçado (Fynal, Caulk). A manipulação dos cimentos seguiu as recomendações dos fabricantes. O cimento foi pincelado sobre a superfície em fina camada. A cimentação foi realizada inicialmente com pressão digital seguida de pressão estática de 5kgf e mantida por 10 minutos. Os corpos-de-prova para teste foram armazenados em umidade relativa de 100%, a 37°C, por 24 horas. A força de tração para deslocar as coroas cimentadas foi fornecida por uma máquina de testes universal Instron. Os valores foram anotados. Depois de cada teste, a maior parte do cimento foi removida com instrumentos manuais. Os dentes foram então esfregados em detergente moderado, enxaguados com água destilada e secos com papel absorvente. O outro *coping* do par a testar, foi cimentado sobre o respectivo dente e armazenado como descrito anteriormente, por igual período. Seis experimentos foram realizados para cada cimento e cada fundição. A

força requerida para deslocar as fundições não aliviadas foi maior quando o cimento fosfato de zinco foi usado como agente cimentante. Troquel aliviado resultou em redução de 32% na retenção das fundições cimentadas com cimento fosfato de zinco. Os demais cimentos não diferiram estatisticamente.

Grajower et al.²¹, 1985, realizaram esse estudo para determinar qual deveria ser a espessura mínima efetiva da película de cimento de fosfato de zinco, para cimentar coroas de metais não preciosos. Os autores tinham por objetivo determinar a influência da variação da consistência do cimento, da temperatura ambiente e da proporção pó-líquido sobre a espessura da película do cimento. A proporção pó/líquido estudada variou entre 2,10 e 3,35g/ml; a temperatura ambiente variou entre 17 e 30°C; a temperatura da placa variou com a temperatura do laboratório; a quantidade de pó foi de 1,4g para todos os casos, sendo que a quantidade de líquido variou. Treze molares e premolares humanos foram preparados para coroas totais. Uma peça de mão de alta rotação e brocas *carbide*, foram fixados em um delineador, de tal forma a produzir paredes preparadas com expulsividade de 5°. Troqueis de gesso foram obtidos de moldes com poliéter (Impregum – ESPE). Coroas de metal não precioso foram realizadas sobre esses troqueis. O movimento de elevação das coroas sobre os dentes, durante repetidos testes de assentamento, foram mensurados com um micrômetro. Quando a pressão de assentamento era aumentada de 2 para 10 kg, o resultado mostrava um movimento de elevação da coroa de 63µm. Para a maioria das amostras a elevação continuou quando o teste foi repetido. Foram encontradas irregularidades nas fundições, que criaram sulcos em algumas regiões axiais da superfície do dente, durante as tentativas de assentamento. As fundições foram cimentadas com cimento de fosfato de zinco de consistência controlada. Cimentação sob aplicação de pressão de assentamento de 10 kg deu origem a elevação

da coroa de $54\mu\text{m}$ e uma média de medidas entre $8\mu\text{m}$ e $113\mu\text{m}$. A espessura mínima efetiva de cimento que correspondeu a esta média foi calculada ser $4,7\mu\text{m}$. Pequenos valores negativos de elevação, foram atribuídos a afundamentos de sulcos no dente durante a cimentação, causados por compressão da dentina. Concluíram que: a) irregularidades superficiais das coroas fundidas criaram sulcos na superfície da dentina do dente preparado, durante as provas de assentamento; b) o assentamento das fundições ocorria geralmente após aplicação de pressão de 10kg ; c) a média de elevação das coroas de metal não precioso foi de $54\mu\text{m}$. Esta elevação corresponde a uma espessura mínima de cimento de $4,7\mu\text{m}$ nas paredes axiais; d) a espessura mínima de cimento é presumida e variável, causada tanto por irregularidades das superfícies internas como pela abertura de fendas entre a coroa e o dente preparado, podendo variar caso a caso; e) os resultados mostraram que elevações da cimentação, clinicamente desprezíveis, podem ser relativamente comuns; f) é importante que estudos sobre elevação de cimentação sejam conduzidos preferivelmente sobre dentes que sobre troqueis, desde que os efeitos das propriedades mecânicas da dentina afetam os resultados.

Campagni et al.⁸, 1986, investigaram o efeito da aplicação de espaçadores de troqueis, sobre o assentamento de coroas totais com sulcos. Utilizaram 50 preparos padrão para coroas totais sobre segundos molares artificiais *Ivorine* (Columbia Dentoform). A altura dos preparos foi de 6mm , com 13° de convergência vestibulo lingual e 6° de convergência méso distal. A terminação cervical usada foi chanfro. Os dentes foram divididos em cinco grupos de dez. Nos dentes dos grupos 1 e 2, não foram feitos sulcos. Os sulcos foram feitos com broca 701 e terminaram a 1mm das bordas dos preparos. Os dentes foram moldados com uma sillicona para moldagem e duplicados em gesso tipo IV. Após três dias, foi aplicada uma camada de verniz espaçador. Cada troquel dos grupos um

e três recebeu aplicação de verniz na parede axial e na oclusal. No grupo 4 foram omitidos os sulcos vestibulares e linguais. Em todos os casos omitiu-se o verniz no primeiro milímetro próximo ao término dos preparos. Sobre os troqueis de gesso foram enceradas coroas totais. As coroas foram fundidas em liga áurica tipo III, para os cinco grupos de amostras: preparos sem sulcos e com espaçadores; preparos sem sulcos e sem espaçadores; preparos com sulcos e com espaçadores; preparos com sulcos e com espaçadores somente fora dos sulcos; preparos com sulcos, mas sem espaçadores. Três camadas de verniz espaçador promoveram alívio de 20,84 μ m nas paredes axiais e 39,12 μ m nas oclusais. O cimento usado foi o cimento de fosfato de zinco. A pressão de assentamento durante a cimentação foi de 40 libras (aproximadamente 18,15Kg). Mensurações foram realizadas e os resultados encontrados mostraram que os grupos 2 e 5 (sem alívios) apresentaram discrepâncias verticais superiores a 150 μ m. O grupo 1 (sem sulcos e com espaçadores) apresentou discrepância vertical média de 61,7 μ m. O grupo 3 (com sulcos e espaçadores) mostrou discrepância vertical de 50,2 μ m em média e no grupo 4 (sulcos e espaçadores) ocorreu discrepância de 75,6 μ m em média. Concluíram que: a) alívio do troquel melhorou significativamente o assentamento, com e sem sulcos; b) a omissão do espaçador nos sulcos não reduziu os benefícios do alívio do troquel e alívio parcial foi melhor do que não alívio; c) os sulcos não impediram o assentamento quando o troquel foi totalmente aliviado ou omitido somente nos sulcos.

Marker et al.³¹, 1987, conduziram uma pesquisa onde 13 pares de coroas totais foram feitas por diversos pesquisadores, usando um preparo padrão sobre dentes de resina *Ivorie* (Columbia Dentoform), com as técnicas pessoais de cada profissional (inclusive de moldagem da arcada). Para cada par, uma coroa foi feita sobre troquel aliviado e outra, em troquel não aliviado. As coroas foram cimentadas com cimento fosfato de zinco (Tenacin). As adaptações foram avaliadas visualmente com uma

escala de 1 a 4, onde 1 significava menor abertura cervical e 4 a maior. A retenção foi mensurada através de teste de tração realizada em máquina de teste universal. Depois de cada teste o cimento foi cuidadosamente removido do dente artificial e das coroas. As cimentações e teste de tração foram repetidas por cinco vezes. Os resultados mostraram diferença significativa de acordo com o pesquisador. As retenções variaram de 29 a 129 libras. O espaçador melhorou o assentamento em todos os caso. A retenção foi maior nos troqueis aliviados em relação aos não aliviados. Concluíram que as propriedades físicas dos materiais são importantes, mas o profissional teve maior efeito no assentamento final e na retenção das restaurações fundidas.

Gegauff & Rosenstiel¹⁸, 1989, utilizaram neste experimento três molares humanos que foram incluídos em um tubo de resina e preparados para coroas totais. Sete silicones de adição foram utilizados na moldagem de cada dente preparados, originando 21 troqueis de gesso tipo IV. Seis camadas de espaçador Tru-Fit foram aplicadas sobre 18 troqueis e os outros três foram mantidos sem espaçador, para controle. Para a mensuração da discrepância vertical de assentamento, previamente à cimentação, as coroas foram mantidas sobre os troqueis com um elástico ortodôntico. Em seguida, as coroas foram cimentadas com cimento fosfato de zinco (Flecks), inicialmente sob carga dinâmica de pressão digital de assentamento, látero-lateral e antero-posterior por 10 segundos e depois estática de 49N através da compressão de um rolete de madeira de laranjeira por mais 10min. Mensurações foram feitas em um microscópio com precisão de 0,001mm. Testes de tração foram executados para verificação de retenção. Depois de removidas, as coroas foram limpas, decapadas e recimentadas. Todas as mensurações foram re-executadas. Os resultados mostraram que o assentamento das coroas cimentadas, não melhorou quando aplicavam zero ou seis camadas de espaçador até 1mm do término das margens; a retenção foi

significativamente maior nos casos que não receberam a aplicação de espaçador.

Grajower et al.²⁰, 1989, utilizaram 29 molares humanos extraídos, para realizar preparos padronizados para coroas totais metálicas, com o auxílio de um aparelho preparado para tornear. Moldagens foram feitas com um poliéter (Impregum) e troqueis de gesso foram obtidos. Três troqueis não receberam espaçador, para servirem de controle. Os demais foram aliviados com Tru-Fit. Dezesseis troqueis foram cobertos na parte horizontal do ombro, com cinco camadas cada um de espaçador novo. Três troqueis foram aliviados com quatro camadas e quatro troqueis com cinco camadas. Da mesma forma, os autores também usaram uma suspensão do material espaçador, em uso no laboratório há mais de seis meses, com viscosidade aumentada. Três troqueis foram aliviados com três camadas desse espaçador (velho); três com quatro camadas e um com cinco camadas. Coroas totais foram enceradas sobre esses troqueis e fundidas em forno de indução. Foram verificadas discrepâncias verticais de assentamento dente-coroa, antes e após a cimentação. A pressão de assentamento utilizada foi de 10kg. Encontraram desajustes de 649 μ m quando não utilizaram alívio. Os valores caíram para 404 μ m quando as coroas foram aliviadas com duas camadas de espaçador e para 29 μ m quando aliviados com quatro camadas. O espaçador empregado foi o Tru-Fit cuja espessura média de película é de 19 μ m por camada, quando novo e 32 μ m quando em uso após seis meses (pela evaporação do solvente). Cerca de 70 μ m de espessura de espaçador promoveu diminuição de discrepância vertical da ordem de 38 μ m. A aplicação de espaçador na margem horizontal dos ombros dos troqueis diminuiu a discrepância. A diminuição foi proporcional à camada de espaçador. A espessura ótima de espaçador seria a camada que resultasse a menor discrepância e desajuste marginal. Então, a partir dela, a camada de cimento aumentaria nas

paredes axiais. Excluindo a parte da parede axial próxima à margem, sem recobri-la com espaçador, excluirá completamente os efeitos produzidos pelo espaçador. A falta ou diminuição da camada de espaçador próximo à margem é contra-indicada para esses autores.

Stephano et al.⁴², 1989, usaram um pré-molar humano extraído, para realizar um preparo para coroa total metálica, onde a parede cervical era sempre perpendicular à parede axial, em todo seu contorno. Esse preparo foi moldado e duplicado em resina processada a vácuo. A réplica de resina foi incluída em revestimento e fundida em liga de níquel cromo pelo processo da cera perdida. Esse troquel metálico foi moldado oito vezes com elastômero (Permlastic) e foram obtidos oito troqueis de gesso tipo IV. Cada troquel de gesso foi encerado quatro vezes sem espaçador e quatro vezes com espaçador, dando origem a 64 coroas metálicas fundidas (32 aliviadas e 32 sem alívio), com uma liga de cobre alumínio (oito sem alívio e oito com alívio); dois tipos de níquel cromo (idem, duas vezes) e ouro (oito sem alívio e oito com alívio). O alívio foi conseguido aplicando resina acrílica (Duralay), dissolvida em clorofórmio na concentração de 20%, sobre os troqueis de gesso, com pincel. O espaçador foi aplicado até 0,5mm aquém das margens dos preparos promovendo um alívio de aproximadamente $37\mu\text{m}$. As coroas foram assentadas sob pressão digital, sobre as réplicas metálicas (em níquel cromo) do dente preparado. A discrepância marginal foi mensurada. Ocorreram desajustes de $253,81\mu\text{m}$, para os casos de coroas de níquel cromo em que o troquel não havia sido aliviado e de $62,12\mu\text{m}$ quando havia alívio. Para as coroas de cobre alumínio, os valores diminuíram de $207,87\mu\text{m}$ para $47,75\mu\text{m}$ e as de ouro, diminuíram de $108,81$ para $18,56$.

Wilson et al.⁵³, 1990, avaliaram deformações de coroas durante a cimentação. Utilizaram troqueis de aço inoxidável, torneados, com 6mm de altura, 5 graus de expulsividade de cada parede axial e com

21503



diâmetro da base de 8mm. As margens foram configuradas em ombro, com 1mm de largura, perpendicular em toda a extensão à parede axial. Foram confeccionados padrões em resina acrílica (Duralay), diretamente sobre os troqueis. O contorno externo axial das coroas foi definido com dois cilindros (um com diâmetro interno de 8,6 e outro com 10mm). Cinco coroas de 8,6mm de diâmetro e cinco de 10mm foram feitas. As variáveis observadas foram: espessura da coroa; viscosidade do cimento e alívio interno da coroa. O cimento utilizado foi o fosfato de zinco (Fleck's). Os autores concluíram: a) a deformação da coroa aumentou com a viscosidade do agente cimentante. Foi maior nas coroas com pouca espessura; b) o tempo de assentamento aumentou com o aumento da viscosidade do cimento; c) a via de escape criada na coroa para o cimento, diminuiu a ocorrência de deformação durante o assentamento; d) o alívio interno de 40 μ m conseguido com ataque ácido pela água régia, na superfície interna das coroas, reduziu o tempo necessário para o assentamento, mas não diminuiu a deformação; e) há um risco maior que a porcelana das coroas metalocerâmicas ou totalmente cerâmicas se fracture durante a cimentação e que a tensão residual observada venha ser um fator de fratura posterior; f) a flexão da coroa pode ser um fator a mais no assentamento completo das coroas totais.

Passon et al.³⁶, 1992, estudaram o efeito de múltiplas camadas de espaçadores de troqueis na retenção de coroas. Utilizaram vinte e cinco molares de resina (Columbia Dentoform), com preparos padronizados para coroas totais e linha de terminação em chanfro. Os dentes foram divididos em cinco grupos de cinco dentes. O experimento todo foi realizado duas vezes utilizando o mesmo dente Dentoform. Todos os dentes foram replicados com hidrocolóide reversível de duplicação. Troqueis foram imediatamente obtidos com gesso para troqueis. Aplicaram verniz espaçador (Tru Fit) sobre os troqueis, previamente ao enceramento. Avaliaram o efeito de aumentar a espessura de espaçador,

na retenção de coroas totais fundidas. Obtiveram coroas fundidas que haviam sido enceradas sobre troqueis aliviados com 0, 4, 8, 12, ou 16 camadas de espaçador e foram cimentadas sobre os dentes que originaram os troqueis. Teste de tração foi realizado com uma máquina de testes universal Instron. Os autores não encontraram diferença estatisticamente significativa ($p < 0.05$) entre a força necessária para remover as coroas cimentadas. Concluíram que aplicando espaçador em até 16 camadas ($151\mu\text{m}$) não ocorria alteração significativa na resistência à tração de remoção das coroas cimentadas.

Wang et al.⁴⁹, 1992, avaliaram os efeitos dos cimentos de fosfato de zinco e de ionômero de vidro, em função das variáveis, isoladas e entre si: a) alívio com quatro camadas de espaçador Tru-Fit ($24\mu\text{m}$); pressão de assentamento de cinco a 30 libras; b) desenho da margem e assentamento estático e dinâmico. Utilizaram modelos-padrão de aço inoxidável com dois tipos de término de preparo: ombro puro (90°) e ombro biselado com 65° de inclinação. O enceramento das coroas foi feito sobre troquel de gesso (tipo IV) e a fundição foi realizada com liga de metal não nobre. Mensurações do assentamento das coroas foram realizadas antes e depois da cimentação sobre os modelos padrão. Concluíram que o uso do espaçador e a elevação da pressão de assentamento de cinco libras (aproximadamente 2,2kg) para trinta libras (aproximadamente 13,6kg), aumentavam significativamente o assentamento. O uso do cimento de ionômero de vidro melhorou substancialmente o assentamento das coroas durante a cimentação, comparado com o cimento de fosfato de zinco. O preparo com ombro biselado e espaçador resultou assentamento da coroa, significativamente maior. Quando usaram cimento de fosfato de zinco, sem alívio, sob pressão de cinco libras, a discrepância vertical foi de $116\mu\text{m}$. O valor caiu para $2\mu\text{m}$ ao usarem pressão de 30 libras, sobre coroas em troqueis com alívio. Com ionômero de vidro as discrepâncias máximas foram de $43\mu\text{m}$

sob pressão de 5 libras sem alívio e negativas (menos 5 μ m) quando a pressão exercida foi de 30 libras em troquel aliviado.

Wilson⁵¹, 1994, realizou um experimento onde avaliou os efeitos do aumento do espaço para o cimento, na cimentação de coroas artificiais. Utilizou para registrar a velocidade de deslocamento dos troqueis durante a cimentação o mesmo aparelho que havia sido desenvolvido por Wilson⁵⁰, 1993, anteriormente, para outro estudo. Seis troqueis de aço inoxidável foram torneados e coroas de latão foram fabricadas. Reduções axiais e na altura dos troqueis foram realizadas, em incrementos de 10 μ m, como forma de aumentar o espaço para o cimento. Testes de avaliação de discrepância de assentamento foram realizados sob pressão de 25 N. Foram utilizados: silicone líquido com viscosidade de 10,6Pa e cimento fosfato de zinco nas cimentações. A elevação ou separação entre a coroa e o troquel, foi mensurado e comparado com mensuração anterior, obtida na condição sem cimento. O silicone líquido foi usado inicialmente e registrou tempo de assentamento de 168s quando não havia espaçamento e 2,1s quando o espaçamento foi de 50 μ m. Espaçamentos inferiores a 40 μ m não produziram discrepâncias inferiores a 30 μ m quando foi usado o cimento fosfato de zinco. O autor sugeriu poder existir relação com a espessura da película do cimento. A discrepância de assentamento variou entre 368 μ m na condição sem cimento a 29 μ m com espaço para o cimento de 50 μ m. Como conclusão afirmaram que quando havia espaço suficiente para o cimento, o assentamento era substancialmente facilitado durante a cimentação.

Wilson⁵², 1996, mediu as deformações sofridas por coroas de ouro construídas sobre troqueis de aço inoxidável com 6mm de altura por 8mm de base, paredes laterais com 5° de expulsividade e ombro marginal com 0,6mm, durante procedimentos de cimentação. As forças aplicadas foram de 0,3; 1,0 e 2,5Kgf sobre três diferentes cimentos

capsulados: um cimento fosfato de zinco de controle (Phosphacap, Ivoclar) e dois cimentos de ionômero de vidro, Fujicap I, (GC Dental, Tokyo) e Ketac-Cem, (Applicap, ESPE). As variáveis pesquisadas foram: presença ou ausência de perfuração nas coroas relacionadas com deformações e discrepâncias de assentamento. As condições experimentais foram: três cimentos, utilizados para cimentação sob força de assentamento de 0,3Kgf e 1,0Kgf; com alívio interno para o cimento de 40 μ m e presença ou ausência de perfuração nas coroas. Para cada uma dessas situações o experimento foi repetido cinco vezes aleatoriamente. Os espaços nos troqueis foram conseguidos pela diminuição do tamanho dos troqueis por usinagem mecânica. Dos resultados das medições o autor concluiu que as perfurações aumentaram as deformações e reduziram as discrepâncias de assentamento. O pico de deformação ocorreu depois de 60seg da ação da força de assentamento, quando a discrepância diminuiu de 950 μ m para 50 μ m. Quando as coroas eram perfuradas, os CIV foram os cimentos que apresentaram menores deformações médias e discrepâncias de assentamento, melhor inclusive que quando comparados com os valores encontrados em coroas não perfuradas em que se aplicava grande pressão. As perfurações também diminuíram as discrepâncias de assentamento nas cimentações com cimento fosfato de zinco sob forças de assentamento de 2,5Kgf. Concluiu ainda que perfurações podem ser indicadas em adição a métodos de criação de espaço para o cimento, para não gerar pressão de cimentação. São desconhecidos os níveis de pressão gerados e tolerados pela polpa e pode ser prudente minimizar seus possíveis efeitos.

Pavanelli et al.³⁷, 2001, ao estudarem uma forma de diminuir discrepâncias verticais de assentamento em pesquisas *in vitro*, como as mostradas por Eames et al¹⁵, 1978, desenvolveram um dispositivo de fixação, capaz de manter corpos-de-prova do tipo troquel e coroa, cimentados ou não, sob pressão constante de assentamento,

enquanto permite simultaneamente mensuração da discrepância vertical. A pressão de assentamento permanece constante mesmo após a remoção do aparelho aplicador da carga. A manutenção ocorre pela devolução de tensões causadas na deformação por compressão de um cilindro de borracha flexível, interposto entre o êmbolo do dispositivo e o corpo de prova. Nesta situação as mensurações podem ser realizadas sem que o "*Rebound Phenomenum*" exerça interferência no resultado da discrepância.

2.3 Rugosidade das superfícies

Smith⁴¹, 1970, utilizou simulações de preparos coronários realizados em dentes humanos recentemente extraídos. Os dentes foram montados em um *jig* para possibilitar sua fixação onde seu longo eixo fosse mantido centralizado em relação ao longo eixo do *jig*, enquanto pudesse ser embutido pelas raízes em um bloco de resina. Foram torneados em um torno de joalheiro, para formar um preparo cônico de sete graus de expulsividade ou 14 graus de convergência. As superfícies foram acabadas com lixa fina e broca de acabamento. Três grupos de 12 dentes foram preparados e cada grupo recebeu tipo diferente de acabamento: polimento fino; polimento médio e polimento grosseiro. Oito troqueis de dentes artificiais *Ivorie* foram preparados usando o mesmo método e foram acabados como o grupo do acabamento fino. A rugosidade das superfícies foi medida em quatro pontos usando uma máquina de teste. Coroas foram enceradas sobre os dentes preparados, sem a oclusal e com sub extensão para não oferecer resistência ao escoamento do cimento na cimentação. O cimento foi fosfato de zinco, com uma mistura padronizada e 30 libras de pressão por 10min. Após a presa o excesso do cimento foi removido e o conjunto foi armazenado em água. Testes de resistência à tração foram realizados após 24 horas em

máquina de teste. Dez unidades em cada grupo foram testadas e o teste foi repetido logo que possível, após remoção do cimento com ultra-som. Os dois remanescentes de cada grupo foram embutidos em resina e seccionados longitudinalmente, em dois planos, em ângulos retos entre si. As interfaces cortadas foram mensuradas com microscópio adequado. Durante os testes, quatro dentes do grupo de acabamento fino quebraram e três do grupo rugoso, na primeira cimentação. Na recimentação, quebrou um dente de cada grupo. Teste ANOVA para um fator foi realizado para cada duas cimentações, excluindo os dentes fraturados em uma série. Outro teste para dois fatores foi realizado para comparar as duas séries. Concluíram que não houve diferença estatística entre os grupos. Alteração de rugosidade da superfície de 5 para 120 micropolegadas não afetou significativamente a retenção das coroas perfuradas. A retenção das coroas cimentadas sobre os dentes naturais sofreu maior variação que nos similares sobre troqueis de resina. A espessura da película do cimento foi maior entre os dentes preparados e as superfícies metálicas fundidas. O autor alertou ainda para o alisamento das paredes axiais dos preparos e a perda de retenção que esse procedimento causava. Até essa época, o melhor acabamento das paredes dos preparos era tido como obrigatório para a obtenção de moldes e modelos de melhor qualidade, mas com o desenvolvimento dos elastômeros, essa premissa deixou de ser real e a rugosidade passou a ser estudada como uma forma de auxiliar a retenção, melhorando o embricamento mecânico do cimento.

Oilo & Jorgensen³⁵, 1978, verificaram a influência da rugosidade superficial na capacidade de retenção de dois agentes cimentantes, um cimento fosfato de zinco (De Trey) e um cimento de policarboxilato (Durelon). Os dentes naturais foram fixados pelas raízes em blocos de resina acrílica. Usaram duas séries de troqueis de dentina e de cones de latão, torneados mecanicamente, com variações no grau de

rugosidade da superfície. Os dentes naturais, recém extraídos e os cones de latão, foram torneados de forma padronizada, com 10° de convergência. A altura e o diâmetro variaram. Para cada troquel foi torneada uma coroa em cilindros de latão, sem a face oclusal. As rugosidades da superfície sempre foram semelhantes nos troqueis e nas coroas. Os valores máximos e médios de rugosidade foram mensurados. As coroas foram cimentadas com o auxílio de um dispositivo *V-Bloc* criando pressão de assentamento e posteriormente, associado a um micrômetro, realizando as mensurações de discrepância vertical de assentamento. A proporção pó-líquido do cimento fosfato de zinco foi de 1,5g de pó para 0,5 ml de líquido. Teste de resistência à tração foi executado para remoção das coroas cimentadas. O fosfato de zinco foi avaliado em uma série de noventa cones de latão, com incrementos de rugosidade conhecida. Quanto aos troqueis de dentina, foram usados 76 também variando a rugosidade. Os resultados mostraram que a retenção aumentou com ambos os cimentos, e linearmente proporcional ao aumento da rugosidade da superfície. O aumento da retenção foi maior para os troqueis de latão que para a dentina. Nas superfícies polidas, o comportamento do cimento fosfato de zinco foi pior.

Chan et al.¹¹, 1981, afirmaram que a retenção de coroas depende do grau de convergência das paredes do dente preparado, da altura das paredes, da área da superfície e também de fatores relacionados às fundições e ao meio cimentante. Lembraram ainda que cimentos não aderem significativamente em liga de ouro e que sua ação retentiva ocorre devido ao engrenamento mecânico entre as superfícies rugosas das fundições e dos dentes, pois estas superfícies apresentam maior retenção que superfícies lisas. Por essa razão, realizaram um trabalho onde prepararam um sulco horizontal em toda a circunferência de molares humanos extraídos, preparados para coroas totais (para a retenção do cimento). As inclinações das paredes foram de 7 graus e de

30 graus (conicidade de 14 e 60 graus, respectivamente) e encontraram que: chaves de cimento (denominação que deram aos sulcos horizontais) foram efetivas em aumentar a retenção de coroas totais fundidas de ouro; sulcos realizados somente na dentina ou somente nas coroas, não foram efetivos nos preparos com 30 graus e foram melhores nos de 7 graus, com um único sulco nas coroas; as coroas de 7 graus foram melhores que as de 30 e quando tinham sulcos tanto nas coroas quanto na dentina, a resistência retentiva se aproximava da própria resistência do cimento fosfato de zinco (aproximadamente $6,8\text{MN/m}^2$).

Tjan & Sarkissian⁴⁵, 1986, estudaram o efeito do acabamento superficial do preparo na retenção e adaptação de coroas totais. Para eles, embricamento mecânico e união físico-química são os dois mecanismos primários de adesão dos cimentos odontológicos. O cimento fosfato de zinco representa um dos agentes cimentantes por embricamento mecânico. Propuseram neste trabalho, avaliar a retenção e completo assentamento de coroas fundidas de ouro, cimentadas com cimento de ionômero de vidro, após polimento dos preparos e limpeza com ácido poliacrílico e micro-abrasão das fundições, comparando os resultados com os obtidos de coroas igualmente manipuladas e cimentadas com cimento fosfato de zinco. Selecionaram dez molares humanos inferiores, de dimensões semelhantes. Esses dentes foram repetidamente utilizados para formar cinco grupos de teste. Suas raízes foram incluídas em anéis cilíndricos com resina epóxica, centralizados e aproximadamente paralisados aos eixos dos cilindros. Realizaram preparos para coroas totais com linha de término em chanfro bem definido. Confeccionaram duas coroas fundidas em ouro para cada dente. Uma coroa foi feita sobre preparo realizado com pedra diamantada e permaneceu sem polimento. Depois de completados os testes sem polimento, os preparos foram polidos com uma pedra branca reconformada e pasta de pedra pomes para remover as estrias causadas

pela ponta diamantada. Outras coroas foram então realizadas para que cada dente pudesse ser testado na categoria polido. Cinco grupos experimentais foram estabelecidos (cada grupo, com os mesmos dez dentes): a) coroas cimentadas com cimento fosfato de zinco sobre preparos não polidos, após a aplicação de duas camadas de verniz cavitário; b) coroas cimentadas com cimento fosfato de zinco sobre preparos não polidos, sem aplicação de verniz cavitário; c) coroas cimentadas com cimento de ionômero de vidro sobre preparos não polidos; d) coroas cimentadas com cimento fosfato de zinco sobre preparos polidos; e) coroas cimentadas com cimento de ionômero de vidro sobre preparos polidos, depois da limpeza com ácido poliacrílico e micro-abrasão das fundições. Os enceramentos das coroas foram feitos diretamente sobre os dentes preparados, deixaram a plataforma oclusal, perpendicular ao longo eixo do dente (para aplicação da pressão de assentamento) e fixaram um anel de encaixe, perpendicular à plataforma oclusal, para posterior retenção da pinça da máquina Instron (usada no teste de tração). Após o enceramento, os dentes foram completamente limpos com clorofórmio e lavados com água corrente. Após as fundições, não fizeram nenhum tipo de alívio, exceto a remoção de interferências internas que impedissem o assentamento. Analisaram a presença de discrepância vertical de assentamento (Mensurações do assentamento antes e depois da cimentação com micrômetro vertical). Realizaram cimentações com dois cimentos: um cimento fosfato de zinco (Flecks, Mizzy) e um ionômero de vidro (Ketac-cem, ESPE). Após a cimentação os corpos de prova foram armazenados por uma semana em umidade relativa de 100%. Os resultados deste estudo indicaram: a) não foi encontrada diferença na retenção entre fundições cimentadas com cimento de ionômero de vidro, cujos preparos foram polidos e limpos com ácido poliacrílico e fundições micro-abrasionadas, quando comparadas com aqueles onde os dentes preparados não receberam qualquer polimento ou tratamento ácido e as fundições não foram

micro-abrasionadas; b) as propriedades retentivas das coroas cimentadas com cimento de ionômero de vidro, foram maiores que as cimentadas com cimento fosfato de zinco somente quando duas camadas de verniz copal foram aplicadas sobre os preparos (56% maiores). Entretanto, não houve diferença quando o ionômero de vidro foi comparado com o fosfato de zinco quando aplicado verniz copal sobre os preparos; c) a rugosidade superficial intensificou a união mecânica do cimento fosfato de zinco; d) o polimento do preparo ou a aplicação de verniz copal reduziu a retenção da coroa em torno de 75% para o cimento de fosfato de zinco; e) o polimento dos preparos melhorou o assentamento ou a adaptação das coroas totais.

Darveniza et al.¹³, 1987, estudaram os efeitos da rugosidade e área da superfície, na retenção de coroas totais cimentadas com cimento fosfato de zinco. Avaliaram a retenção de coroas de ouro fundidas e cimentadas sobre superfícies dentárias polidas e rugosas de dentes naturais extraídos. Para o experimento, selecionaram cento e dez molares humanos, recém extraídos, limpos com pedra pomes e armazenados em água destilada. Utilizaram 24 molares, preparados para coroas totais, divididos em dois grupos: no primeiro grupo a superfície foi alisada e o segundo permaneceu rugoso. Os dentes foram preparados removendo todo o esmalte até expor a dentina. A forma arredondada na sua seção transversal possibilitou que a área da superfície fosse medida por computador. A remoção do esmalte foi feita com turbina de alta rotação e broca diamantada com a forma de chama de vela. As superfícies coronárias foram asperizadas com essas brocas e ranhuras retentivas foram feitas com disco diamantado. Brocas de acabamento de *carbide* foram usadas no grupo de superfície alisada. As dimensões finais e angulações de todas as superfícies foram mensuradas com um projetor de perfil de 25X de aumento. A conicidade média das paredes axiais variou entre 2°e5' até 2°e48' e do bisél foi 41°e41' até 43°e48'. A altura

vertical das paredes axiais variou entre 2,55mm e 2,73mm, o bisél variou de 0,29mm a 0,43mm e a altura total foi de 2,93mm a 3,07mm. Os moldes foram feitos com Mercaptana (Permiastic-Kerr). Os troqueis foram metalizados com prata e as coroas foram obtidas por fundição com ouro. A rugosidade das superfícies foi avaliada com um instrumento de teste que media a média aritmética das rugosidades das paredes dos dentes e das coroas, de modo padronizado (Australian Standard 1965-77). O cálculo das áreas das superfícies foi feito por computador gráfico, sobre modelo tridimensional, magnificado 10X, construído a partir de segmentos de cones, obtidos do perfil das inclinações das paredes e dos biséis, o que possibilitou estabelecer fórmulas matemáticas que permitiram calcular a área da superfície. Cimentação: antes da manipulação do cimento, os dentes foram levemente limpos com taças de borracha e pedra pomes de granulação fina. As coroas foram limpas com ultra-som e solvente de cimento. Previamente à cimentação, as coroas sobre os dentes foram submetidas a pressão estática de 15kg, os corpos de prova foram centralizados verticalmente e a escala foi zerada nessa situação. O cimento foi manipulado conforme preconizado pela especificação nº8 da ADA e aplicado sobre as superfícies, com pincel, em camada fina, quase transparente. O assentamento inicial foi manual e com força leve. A seguir, foi aplicada pressão estática de 3kg por 10min. O excesso de cimento foi então removido e os corpos de prova armazenados em banho de água a 38°C. Após 72 horas, os corpos de prova foram submetidos a teste de retenção em uma máquina de ensaios de tração. Os resultados, quando analisados pelo teste de Tukey, mostraram relevante coeficiente de correlação. Os autores concluíram que: a) a retenção das coroas não foi significativamente diferente entre os grupos de superfícies, lisas e rugosas, quando cimentadas com cimento fosfato de zinco; b) da mesma forma, não registraram diferença nesses grupos, quanto à área total e à suposta falha seccional oclusal, bisél e áreas axiais; c) ocorreu uma relação significativa positiva, entre a área da superfície do dente testado e

a força requerida para remover o cimento fosfato de zinco da coroa cimentada, mas estatisticamente essa relação não permitiu seu uso na previsão de retenção da coroa; d) não houve diferença significativa na rugosidade interna das coroas construídas em dentes com superfícies lisas ou rugosas; e) não houve correlação linear significativa entre forças retentivas de coroas cimentadas e forma da seção transversal dos dentes com superfície lisa ou rugosa.

Felton et al.¹⁶, 1987, realizaram estudo para verificar o efeito da rugosidade da superfície de preparos coronários, na retenção de fundições cimentadas. Compararam a retenção de coroas cimentadas: sobre dentes preparados com brocas *carbide* e sobre dentes preparados com brocas diamantadas. Utilizaram sessenta dentes posteriores recém extraídos, limpos e incluídos em blocos individuais de resina acrílica, até 2mm próximo do limite amelo-cementário. Um delineador foi usado para assegurar que a coroa clínica de cada dente ficasse paralela ao bloco de resina acrílica. As amostras numeradas foram aleatoriamente selecionadas compondo dois grupos de trinta amostras: grupo I – dentes preparados com brocas *carbide* e grupo II – dentes preparados com brocas diamantadas. Todos os preparos realizados foram para receber coroas totais. Uma caneta de alta rotação foi fixada à haste vertical móvel de um delineador, por intermédio de um braço especialmente desenvolvido para essa atividade. O preparo foi realizado sob ativação da turbina de alta rotação e movimentação da mesa móvel sobre a base fixa do delineador, com a broca previamente determinada para o grupo e refrigeração ar-água. A área de cada superfície preparada foi calculada através da adaptação de uma tira de matriz metálica, envolvendo toda a extensão da superfície preparada. A tira foi pesada e o peso de cada tira foi comparado com o peso de tiras obtidas de superfícies de áreas conhecidas. Padrões de cera foram encerados diretamente sobre os dentes preparados. Gabaritos de resina acrílica foram posicionados e

fixados à porção oclusal dos padrões de cera, com o auxílio do delineador, para serem usados como fixação do corpo-de-prova para os testes de tração. Os padrões foram revestidos e fundidos com liga para metalocerâmica. As fundições foram limpas com jateamento de óxido de alumínio com partículas de 25 μ m de diâmetro e numerados conforme a respectiva amostra. Cada fundição foi cimentada com cimento fosfato de zinco (Flecks – Mizzy), manipulado conforme orientações do fabricante. A força de compressão usada na cimentação foi de 25kg por 10 min. Os espécimens foram armazenados em umidade relativa de 100% por 24 horas, antes de serem tracionados. Para os ensaios usaram uma máquina Instron a uma velocidade de 0,02cm/min, até ocorrer a separação. Os resultados indicaram uma média inferior no valor da retenção das fundições cimentadas sobre os dentes preparados com brocas *carbide* (4,6MPa e desvio padrão de \pm 1MPa. A média de força necessária para remover as coroas cimentadas sobre os dentes preparados com brocas diamantadas foi 6,7Mpa, com desvio padrão de \pm 1,2Mpa, representando uma diferença de retenção de 31%. Os autores atribuíram essa diferença, em parte, ao acréscimo de 25% na área do preparo, causado pelos topos e valas das ranhuras criadas pelas brocas diamantadas. Concluíram que: a) quando outros fatores envolvidos nos preparos para coroas totais forem iguais, o uso de brocas diamantadas poderá aumentar em 31% a retenção de coroas fundidas, cimentadas com cimento fosfato de zinco, em relação aos preparos realizados com brocas *carbide*; b) se o profissional desejar maior eficiência das brocas de *carbide* na retenção, uma alternativa seria modificar o desenho do preparo.

O'Connor et al.³⁴, 1990, estudaram os efeitos do micro-jateamento interno sobre a retenção das coroas fundidas. Segundo os autores este procedimento é efetivo, podendo ser alternativo à decapagem por ácido, na desinclusão das fundições do interior do revestimento refratário. No estudo que realizaram, utilizaram trinta

molares humanos íntegros, limpos e armazenados em solução de manutenção e preservação. Após criarem retenções nas raízes, elas foram incluídas em bloco cilíndrico de resina epóxica. Um delineador foi utilizado para executar os preparos dentários, com o auxílio de um dispositivo desenvolvido para fixar uma peça de mão de alta rotação com uma broca diamantada de granulação média. Os preparos foram padronizados em 4mm de altura da parede axial, 6° de expulsividade para oclusal e superfície oclusal plana. Moldagens foram realizadas com polissulfeto de borracha (Permlastic-Kerr) e modelos foram obtidos com gesso (Sylky-Rock, Whip Mix). Uma camada uniforme de verniz espaçador (Belle de St. Claire, Van Nuys) foi cuidadosamente pincelada sobre as paredes oclusal e axiais dos troqueis de gesso, preservando um milímetro de distância das bordas. *Copings* foram encerados, com uma alça na oclusal para posterior retenção na máquina de tração e incluídos em revestimento para técnica higroscópica de Whip Mix (Beauty Cast – Whip Mix). A área da superfície de cada preparo foi calculada por mensuração da circunferência da metade superior da parede axial preparada, incluindo a área da superfície oclusal. As medidas foram listadas em ordem decrescente e três dentes por vez foram aleatoriamente distribuídos pelos grupos experimentais. Todas as fundições foram realizadas com ouro tipo III (Harmony Hard – Williams Gold Co) pelo processo da cera perdida. Efetuada a desinclusão, as fundições foram esfregadas com escova de dente macia, sob água em abundância. Os três grupos (dez coroas cada) receberam tratamento interno: grupo I – tratamento com solução ácida (Jel Pack, Jelenko); grupo II – micro-abrasão com jato de óxido de alumínio com partículas de 50µm de diâmetro (Belle de St. Claire) e grupo III – micro-abrasão com jato de esferas de vidro de 50µm de diâmetro (Belle de St. Claire). Cada fundição foi assentada sobre seu respectivo troquel e pequenas interferências internas foram aliviadas por usinagem com uma broca esférica. As fundições foram então lavadas, secas e cimentadas individualmente sobre

os molares preparados, com cimento fosfato de zinco (Flecks, Mizzy), sob pressão de assentamento de 5kgf por 10 minutos. Após duas horas em temperatura ambiente, foram realizados testes de resistência à separação por tração em máquina Instron (Instron Corp.), a uma velocidade de 2,54mm/min. Os valores obtidos foram tabulados e submetidos a análise estatística pelo teste de Tukey. A micro-abrasão por jato de óxido de alumínio foi significativamente mais eficiente quanto a promover retenção que o tratamento com ácido ou com jatos de esfera de vidro. Estatisticamente, não houve diferença entre o tratamento das superfícies internas com ácido ou com jateamento com esferas de vidro.

Juntavee & Millstein²⁸, 1992, avaliaram os efeitos da rugosidade e do espaço para o cimento na retenção de coroas. Fabricaram para o experimento trezentos e sessenta núcleos cilíndricos, ou seja, 180 de amálgama e 180 de resina composta, sendo que sessenta núcleos de cada tipo foram feitos com 8,7; 8,8 e 8,9mm de diâmetro e todos com 6mm de comprimento (essa variação foi correspondente ao alívio determinado pelos autores). Sessenta retentores foram também confeccionados com tubos em aço com 9mm de diâmetro interno, 6mm de comprimento e 1,5mm de paredes. As paredes internas dos cilindros foram acabadas com lixa fina de óxido de alumínio. Todos os retentores foram limpos e lixados com lixa fina de óxido de alumínio antes de serem reutilizados. Os núcleos e retentores foram divididos em 12 grupos de acordo com o tipo e diâmetro do núcleo, e rugosidade do retentor. Cada grupo foi subdividido posteriormente de acordo com o cimento, a) fosfato de zinco (Mission); b) resinoso (Panavia Ex); e c) ionômero de vidro (Ketac Cem). Como subgrupo, fizeram subdivisões para os conjuntos submetidos e não submetidos a termociclagem. O ciclo térmico foi de cinco graus e 55 graus Celsius, repetidos 500 vezes. Os núcleos foram separados dos seus retentores com uma haste de compressão (êmbolo) em uma máquina de testes Instron e velocidade de

0.02 cm/minuto. Os resultados foram relacionados: núcleos de amálgama foram muito retentivos. Cimento resinoso e fosfato de zinco foram igualmente retentivos com núcleos de amálgama, mas cimentos de ionômero de vidro foram menos retentivos. Núcleos de resina cimentados com cimento resinoso apresentaram o dobro de retenção que os cimentados com fosfato de zinco ou ionômero de vidro. Retentores com superfícies internas rugosas foram muito retentivos. Espaço para cimento reduzido entre núcleo e retentor foi muito retentivo. Ciclagem térmica reduziu a retenção.

Ayad et al.², 1996, avaliaram rugosidade da superfície dentinária após preparo com diferentes instrumentos rotatórios. Justificaram o estudo relatando carência de informações sobre as características superficiais dos dentes preparados para coroas totais. Utilizaram como material, cento e cinco dentes humanos recentemente extraídos, armazenados antes dos preparos em água destilada, separados em três grupos, aleatoriamente, para serem preparados para coroas totais, com três tipos de instrumentos rotatórios. Padronizaram os preparos das paredes axiais usando torno mecânico modificado. Utilizaram brocas: diamantadas; *carbide* para preparos, e *carbide* para acabamento, com formas semelhantes. A topografia da superfície da dentina preparada foi analisada com um perfilômetro e um microscópio eletrônico de varredura (MEV). Os grupos de instrumentos rotatórios e os grupos de rugosidade foram avaliados com testes estatísticos ANOVA e foram significantes para $p < 0.001$. Adicionalmente também apresentaram diferença significativa quando avaliados quanto à interação dos dois fatores, pelo método de Tukey. A rugosidade superficial foi $8,6\mu\text{m}$ para os dentes preparados com broca diamantada e $6,8\mu\text{m}$ para brocas de *carbide*. Os dentes preparados com brocas de acabamento resultaram superfície mais lisa ($1,2\mu\text{m}$). Concluíram que a seleção do instrumento rotatório exerce influência fundamental nas características da parede

axial. Brocas diamantadas aumentaram mais a área de superfície que brocas de aço. Entretanto acreditam que estudos adicionais precisam ser realizados para determinar os efeitos da rugosidade superficial sobre a longevidade das restaurações fundidas.

Ayad et al.³, 1997, estudaram como a rugosidade da superfície dentária e o tipo de cimento usado podiam interferir na retenção de coroas totais fundidas. Lembraram que a resistência dos agentes cimentantes para dentina deveria ser considerada como fator crítico para o sucesso de restaurações fundidas. Objetivaram com esse estudo determinar relação entre características das superfícies de dentes preparados para coroas totais e retenção das respectivas restaurações fundidas cimentadas. Fundiram noventa coroas artificiais, partindo de preparações dentárias para coroas totais, realizadas com o uso de uma máquina para tornear dentes humanos. Diamante, *Carbide*-tungstênio de acabamento, e brocas de *carbide cross-cut*, foram usados de forma semelhante para os preparos. As coroas em cada grupo foram subdivididas aleatoriamente em três subgrupos de dez para os três agentes cimentantes selecionados para o estudo: cimento de fosfato de zinco (Fleck's), cimento de ionômero de vidro (Ketac-Cem), e cimento resinoso adesivo (Panavia-EX). A retenção foi avaliada medindo a carga elástica exigida para desalojar as coroas artificiais, das preparações dentárias com uma máquina de testes Instron. Resultados: a observação das forças através da análise paramétrica de Variância e do teste de Tukey (HSD), mostrou diferença estatística significativa para ambos os agentes cimentantes e brocas de acabamento para valor de prova menor que 1%. Interação de efeitos, estatisticamente significativa, também foi encontrada. O maior valor de retenção (372,9 N) ocorreu para preparações de dentes, refinadas com brocas de *carbide* e cimentadas com cimento Panavia-EX. Porém, o menor valor de retenção (201,6 N) ocorreu nas preparações de dentes onde se usou broca de acabamento e

cimento de fosfato de zinco. Os autores concluíram que existiu diferença estatística significativa entre todos os três cimentos estudados e quanto às brocas de acabamento. Porém, só houve diferença entre Panavia-EX e os outros dois cimentos quando foram usadas brocas de *carbide-tungstênio*. Quanto aos instrumentos rotatórios diamantados, o cimento de fosfato de zinco foi significativamente diferente do ionômero de vidro e cimento Panavia-EX.

Tuntiprawon⁴⁶, 1999, estudou o efeito da rugosidade da superfície da parede axial no assentamento marginal e retenção de coroas totais de prata paládio, cimentadas com cimento fosfato de zinco (Phosphacap), cimento de ionômero de vidro (Fuji Cap I) e cimento resinoso (Panavia 21). Utilizaram sessenta premolares humanos íntegros, extraídos, selecionados de acordo com tamanho e semelhança de suas coroas. Os dentes foram aleatoriamente divididos em dois grupos de trinta. O grupo I foi preparado com broca diamantada de granulação de 120 μ m e o grupo II com broca de 50 μ m. Todos os preparos foram realizados com 3mm de altura, 6° de convergência e término cervical em ombro. Cada broca foi usada em somente um corpo de prova. Todos os terminos cervicais foram refinados com instrumento manual pelo mesmo dentista. Os espécimes foram limpos com ultra-som em água destilada por dez minutos e a rugosidade da superfície da parede axial foi aleatoriamente examinada ao microscópio eletrônico de varredura. Os preparos foram moldados e troqueis de gesso foram obtidos. As superfícies axiais dos troqueis foram pintadas com quatro camadas de verniz espaçador (nas cores ouro e prata, alternadamente, para não ocorrer erro de repetição). As coroas foram enceradas sobre os troqueis aliviados e fundidas com liga de prata paládio (Palliag, Degussa), em uma máquina de fundição por indução (Degutron, Degussa). Irregularidades internas das fundições foram removidas e jateadas com óxido de alumínio com partículas de 50 μ m. As fundições foram assentadas sobre os

respectivos dentes. Os trinta espécimes de cada grupo foram aleatoriamente divididos em três subgrupos de dez espécimes cada. As fundições de cada subgrupo foram cimentadas com um dos três tipos de cimento (um cimento para cada subgrupo). A pressão de assentamento usada foi digital (máxima) fornecida por um único dentista. Todos os espécimes foram armazenados em água a 37 graus por 24 horas antes da execução dos testes de tração (máquina de testes universal Lloyd - England). A tração aplicada foi de 2mm/min e os valores anotados em Newtons. Teste estatístico ANOVA e de Tukey foram realizados. Os autores concluíram que, as superfícies dentárias preparadas com broca diamantada de granulação 120µm, mostraram estatisticamente maior retenção das coroas, que as superfícies dentárias preparadas com broca diamantada de 50µm. Houve diferença estatística relevante quanto aos agentes cimentantes. Não houve diferença significativa, no assentamento marginal das coroas cimentadas para preparo liso ou rugoso, com relação aos cimentos. O cimento resinoso Panavia foi o que apresentou melhor retenção, mas pior assentamento. O cimento de ionômero de vidro foi o que apresentou melhor assentamento.

Al Omari et al.¹, 2001, verificaram a rugosidade da superfície e molhabilidade do esmalte e dentina depois da realização de preparos com diferentes brocas odontológicas. Utilizaram 15 premolares superiores íntegros, extraídos por indicação ortodôntica. Padronizaram os preparos coronários com o auxílio de um torno mecânico modificado. Cada dente foi preparado na sua superfície mesial e distal (0,5mm de profundidade para esmalte e 2mm para dentina) usando um dos três instrumentos rotatórios: broca *carbide*, broca diamantada ou broca *carbide* para acabamento. O grupo designado para acabamento foi inicialmente reduzido com broca diamantada e posteriormente acabado com a broca *carbide* para acabamento. As superfícies preparadas foram analisadas com um perfilômetro e microscopia eletrônica de varredura (MEV). O

ângulo de contato da água destilada em cada uma das superfícies preparadas foi usado como medida de molhabilidade. As diferenças médias da rugosidade de superfície foram significativas entre os grupos de instrumentos rotatórios, como revelado por teste ANOVA. Nenhuma diferença foi encontrada entre as superfícies de esmalte e dentina, quando preparadas com o mesmo tipo de broca. As superfícies mais lisas foram acabadas com brocas *carbide* de acabamento. As superfícies preparadas com brocas diamantadas mostraram rugosidade intermediária e as preparadas com brocas *carbide* resultaram superfícies mais ásperas. Não houve nenhuma diferença significativa nas medidas do ângulo de contato nos vários grupos. Os autores concluíram que a rugosidade da superfície do esmalte e da dentina preparadas com diferentes instrumentos rotatórios não exerceu nenhuma influência significativa na molhabilidade da água destilada nestas superfícies.

3 PROPOSIÇÃO

Propomos estudar quantidade de retenção, através de teste de resistência à tração em cápsulas e troqueis metálicos, torneados em aço inoxidável, representativos de coroas e preparos para coroas totais, cimentados com cimento de fosfato de zinco, variando espaço interno para o cimento e acrescentando retenção mecânica nas superfícies, com a confecção de sulcos horizontais tanto nos troqueis quanto nas cápsulas.

4 MATERIAL E MÉTODO

4.1 Obtenção das cápsulas e troqueis

Cilindros de aço inoxidável, com 40mm de comprimento por 12mm de diâmetro foram torneados em torno de precisão CNC (Controle Numérico Computadorizado). Esse tipo de torno (automático) realiza tarefas específicas de torneamento nos eixos X, Y, Z, orientadas por desenho projetado em software do tipo CAD - CAM.

O torneamento por CNC assegura repetitividade e precisão no processo e no resultado (Figura 1).

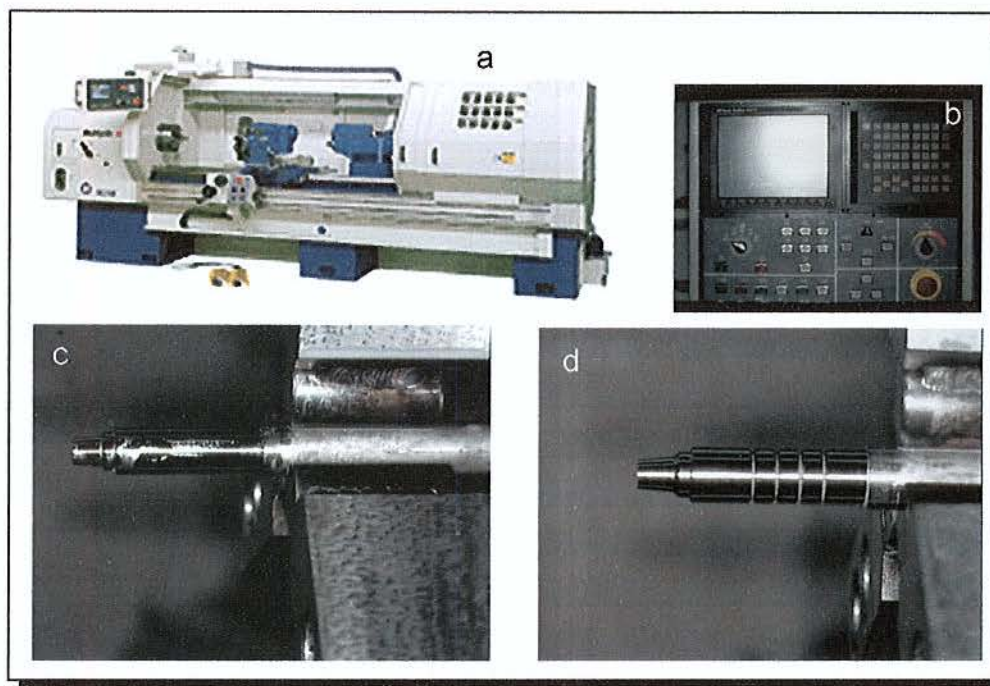


FIGURA 1 – Obtenção dos corpos-de-prova: a) Torno CNC Romi (Indústrias Romi S/A); b) painel de comando do torno; c) início do torneamento de um cilindro para obtenção de um troquel; d) finalização do torneamento.

Como resultado do torneamento dos cilindros foram obtidos: 144 cápsulas com preparações internas e 144 cilindros com preparações externas, representando respectivamente, coroas totais e troqueis com preparações coronárias para coroas totais (Figura 2).

A parede externa (axial) dos troqueis foi usinada, nos primeiros 8mm de uma das extremidades do cilindro, com a forma cônica, com cinco graus de inclinação para a oclusal, terminando um preparo com 10 graus na conicidade para oclusal (Figura 3).

Cada troquel foi torneado com 9mm de diâmetro na base maior (cervical) e 8mm de altura base-extremidade (cérvico-oclusal). A borda cervical, ou linha de terminação, de todos os troqueis, foi acabada formando ombro com inclinação de 135 graus em relação ao longo eixo dos cilindros e com um milímetro de largura.

As cápsulas foram escavadas a partir de uma das extremidades de outros 144 cilindros, em direção ao seu interior, com geometria cônica, idêntica e negativa em relação à forma dos troqueis, de tal forma a que se tornassem tecnicamente adaptadas aos troqueis.

As dimensões internas mínimas determinadas para as cápsulas, foram no mínimo 2 μ m maiores que as dimensões externas dos troqueis, criando espaço necessário ao justo assentamento.

Todas as cápsulas foram adaptadas à borda dos troqueis de tal forma a permitirem permutas, independentemente da quantidade de alívio ou de retenções horizontais realizadas.



FIGURA 2 – Conjuntos cápsula/troquel, protegidos em caixa de madeira.

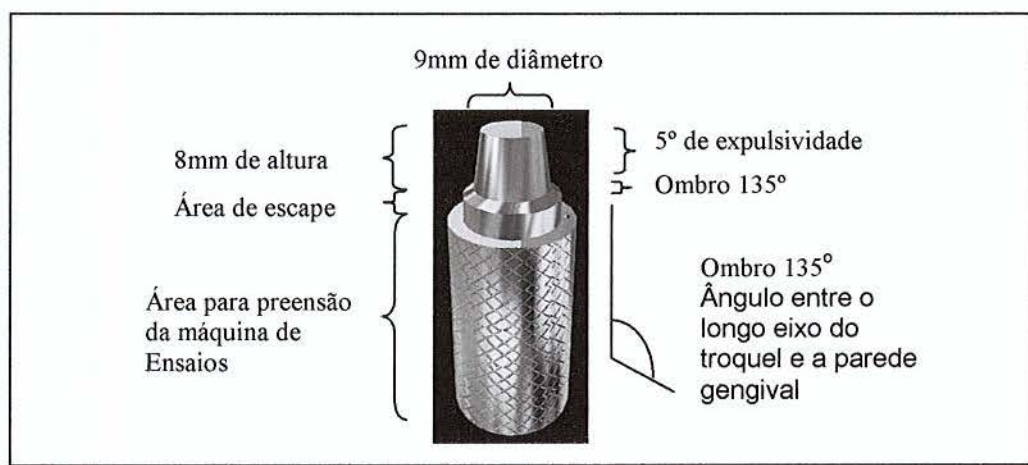


FIGURA 3- Troquel metálico esquemático, representativo de um preparo coronário para coroa total, com 10° de convergência para oclusal e ombro de 135° .

4.1.1 Características dos Troqueis

- a) todos foram torneados com as mesmas dimensões e tipo de acabamento (polidos) e não receberam alívios;
- b) foram divididos em quatro grupos de 12 troqueis (com três réplicas), para receberem sulcos horizontais com $200\mu\text{m}$ de profundidade, perpendiculares aos seus longos eixos, circundando toda a parede axial (para retenção do cimento);
- c) o Grupo 0 não recebeu sulco;
- d) o Grupo 1 recebeu um sulco distante 1mm do limite oclusal da borda do ombro (Figura 4).

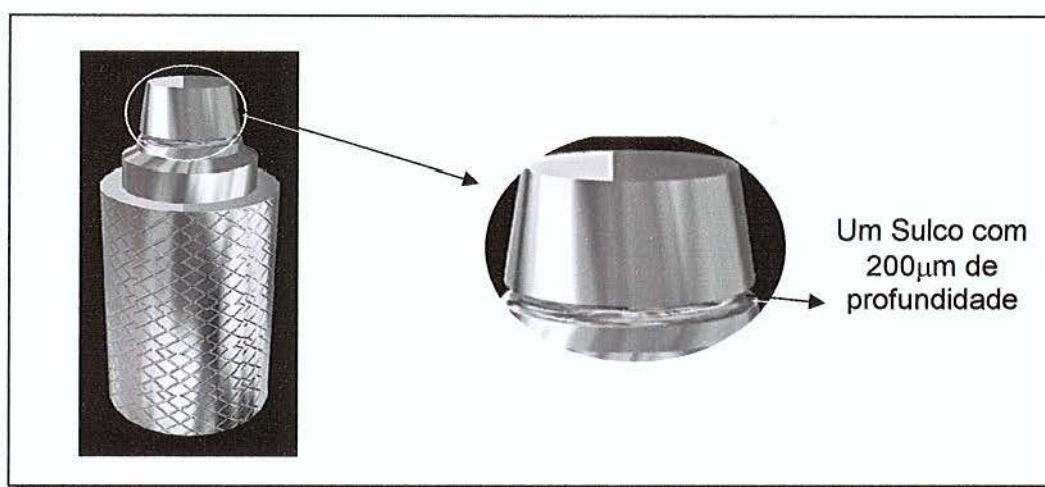


FIGURA 4 – Desenho esquemático de troquel, com um sulco horizontal para retenção do cimento circundando perpendicularmente toda a parede axial.

- e) o Grupo 2, além do sulco feito no Grupo 1, recebeu um segundo sulco distante 1,5mm para oclusal em relação ao primeiro (Figura 5);

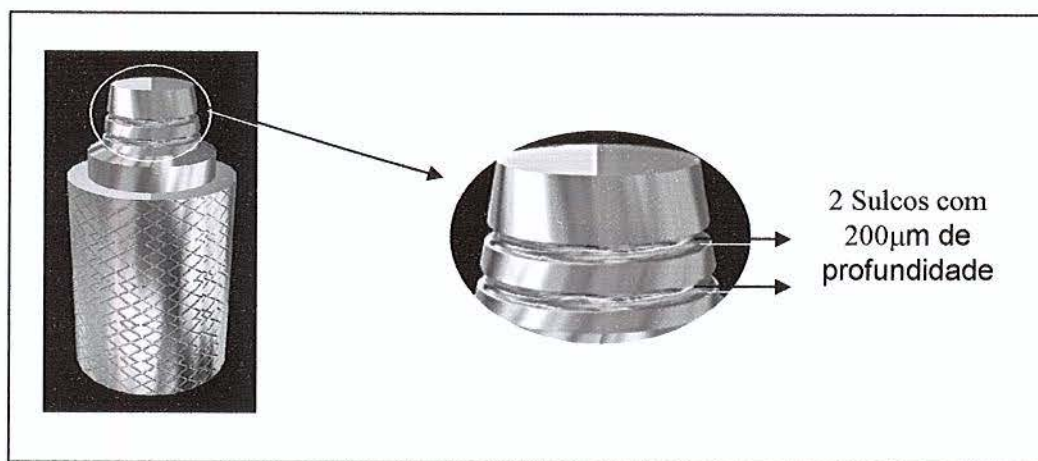


FIGURA 5 – Desenho esquemático de troquel com dois sulcos horizontais para retenção do cimento, circundando perpendicularmente toda a parede axial, com distanciamento de 1,5mm entre eles.

- f) o Grupo 3 recebeu sulcos idênticos aos realizados no Grupo 2 e um terceiro, distante 1,5mm para oclusal em relação ao segundo (Figura 6).

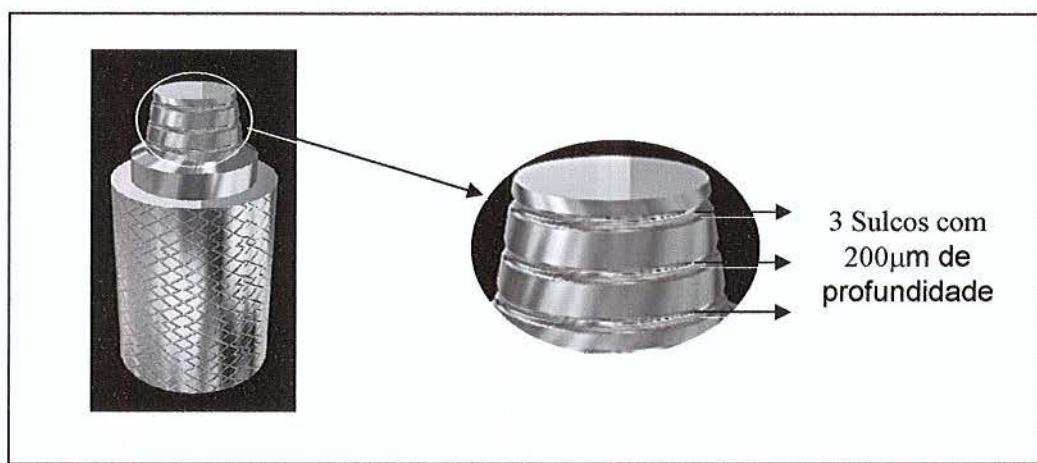


FIGURA 6 – Desenho esquemático de troquel com três sulcos horizontais para retenção do cimento, circundando perpendicularmente toda a parede axial, com distanciamento de 1,5mm entre o primeiro e o seguinte.

4.1.2 Características das Cápsulas

- a) não se aliviou o ombro nas cápsulas em nenhuma condição experimental, para que ocorresse perfeito assentamento nos ombros dos troqueis;
- b) noventa e seis cápsulas receberam alívio interno adicional nas paredes axiais, ainda no torno CNC (ROMI), também de forma automática, controlada por software. O objetivo desse procedimento foi criar espaço para o cimento, semelhante ao obtido nos laboratórios comerciais com a aplicação de verniz espaçador (sobre o troquel de gesso, previamente ao enceramento das coroas).

O Quadro 1 mostra os grupos de cápsulas, segundo variação da quantidade de alívio e de sulcos; e grupos de troqueis por variação da quantidade de sulcos.

As 144 cápsulas foram divididas em três grupos de 48 cada, **A**, **B** e **C**, para receberem alívio interno, nas paredes axiais, excetuando toda a área de ombro, como segue:

- a) O Grupo **A** foi considerado sem alívio, pois neste grupo as cápsulas foram ajustadas ($2\mu\text{m}$) somente o necessário para possibilitarem assentamento perfeito sobre os troqueis;
- b) O Grupo **B** recebeu alívio interno de $30\mu\text{m}$ (suficiente para receber a maior partícula de cimento fosfato de zinco preconizada pela Norma no 8 da ADA e;
- c) O Grupo **C** recebeu alívio em $60\mu\text{m}$.

Além do alívio, cada um dos três grupos de 48 cápsulas foi subdividido em quatro subgrupos de 12 cápsulas cada, para receberem sulcos horizontais para retenção do cimento.

Os sulcos nas cápsulas também foram realizados automaticamente, em torno CNC, conforme já relatado para os troqueis, com sulcos horizontais, com 200 μ m de profundidade.

As cápsulas foram classificadas quanto ao sulco horizontal em:

- a) Grupo **0** quando não receberam sulco;
- b) Grupo **1** quando receberam um sulco;
- c) Grupo **2** quando receberam dois sulcos;
- d) Grupo **3** quando receberam três sulcos (Figuras 7 e 8).

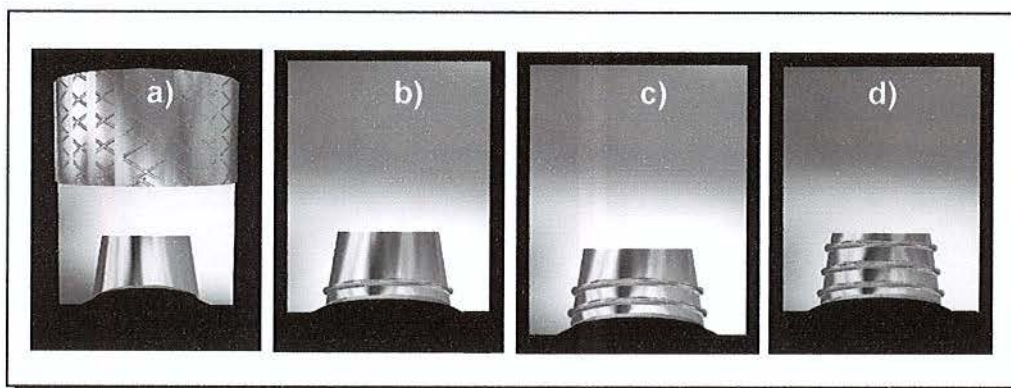


FIGURA 7 - Desenho esquemático de cortes longitudinais de cápsulas com sulcos horizontais para retenção do cimento, a) sem sulco; b) com um sulco; c) com 2 sulcos; d) com 3 três sulcos.

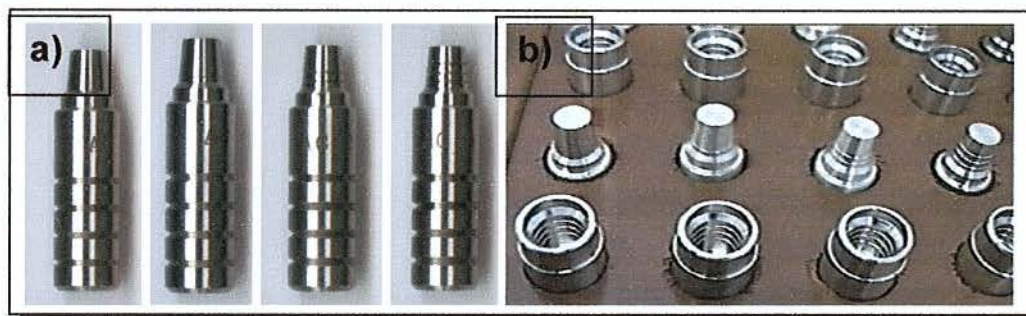


FIGURA 8 – a) troqueis com 0; 1; 2 e 3 sulcos; b) cápsulas com 3 sulcos e troqueis com 0; 1; 2 e 3 sulcos relacionados.

As cápsulas e os troqueis receberam marcações de identificação, de acordo com as condições experimentais, não recebendo identificação de réplica (Quadro 1).

Quadro 1 – quantidades de cápsulas e troqueis, segundo alívios e sulcos.

CÁPSULAS	0=Sem Sulco	1=1 Sulco	2=2 Sulcos	3=3 Sulcos
A=Sem Alívio	A 0 (12)	A 1 (12)	A 2 (12)	A 3 (12)
B=30μm de Alívio	B 0 (12)	B 1 (12)	B 2 (12)	B 3 (12)
C=60μm de Alívio	C 0 (12)	C 1 (12)	C 2 (12)	C 3 (12)
TROQUEIS	0=Sem Sulco	1=1 Sulco	2=2 Sulcos	3=3 Sulcos
Todos sem alívio	(36)	(36)	(36)	(36)

Convencionamos representar as condições experimentais dos corpos-de-prova, pela letra correspondente à quantidade de alívio (**A**; **B**; ou **C**), seguida do número representativo da quantidade de sulcos presentes na cápsula e seguida do número representativo da quantidade de sulcos presentes no troquel, sempre nessa ordem. Exemplo: B01= cápsula com alívio de 30 μ m, cápsula sem sulco e troquel com um sulco. Os alívios causaram aumento da área da superfície das cápsulas e os sulcos aumentaram a área das cápsulas e troqueis (Apêndice A)

4.2 Discrepância vertical de assentamento

Neste trabalho, a padronização do processo de obtenção das partes dos corpos-de-prova e a justeza de adaptação inicial, foram garantidas por laudo fornecido pela empresa que desenvolveu o projeto, trabalhou o software*, e executou a usinagem.

Para evitar a manifestação do fenômeno *Rebound* referido por Eames et al.¹⁵ em 1978 e também diminuir os efeitos da resistência criada pelo escoamento do cimento durante a cimentação, foi modificado um Delineador comum, normalmente usado em Prótese Parcial Removível, de tal forma que fornecesse 5Kg de pressão constante sobre os corpos-de-prova durante o assentamento. Assim, foi instalado na extremidade superior da sua haste vertical móvel, um recipiente cilíndrico, preenchido com 5kg de pequenas esferas de chumbo (Figura 9).

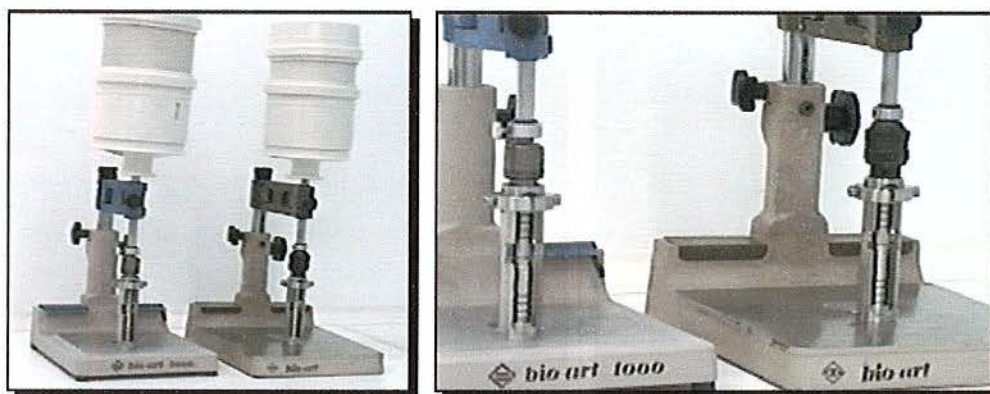


FIGURA 9 – Delineadores modificados para fornecer 5Kg de pressão de assentamento.

A aferição do peso do conjunto (haste vertical e recipiente com chumbo), foi feita apoiando-o sobre uma balança mecânica com precisão de $\pm 10g$ e acrescentando / removendo esferas de chumbo.

Para agilização do processo de cimentação dos corpos de prova, foram utilizados dois delineadores modificados e três dispositivos

* Microns usinagem de precisão – S. J. Campos – SP – Brasil – Tel (0xx12) 3931-6166

como o descrito por Pavanelli et al.³⁷, 2001. Os dispositivos, além de transmitirem a pressão de assentamento fornecida pela haste vertical do delineador ao longo eixo dos corpos-de-prova, permitiram também que o conjunto dispositivo/corpo-de-prova pudesse ser removido após 5 minutos do início do assentamento, sem que a pressão deixasse de ser exercida, (Figura 10).

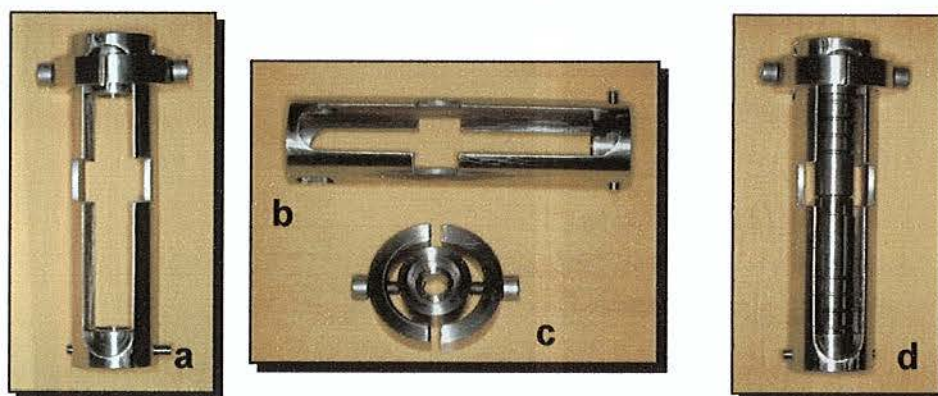


FIGURA 10 – Dispositivo desenvolvido para manter os corpos-de-prova em posição e sob pressão constante de assentamento. a) dispositivo montado; b) corpo; c) êmbolo que desliza no interior do corpo, com dois parafusos para fixação; d) dispositivo montado, com um corpo-de-prova no seu interior.

4.3 Cimentação

As cápsulas e os troqueis foram limpos com acetona PA e álcool isopropílico, com tecido de algodão e jatos de ar comprimido.

A cimentação foi realizada uma única vez para cada conjunto, obedecendo ao relacionamento cápsula/troquel descrito no Quadro 2. O número de condições experimentais foi 48, sendo três réplicas para cada condição, totalizando 144 corpos-de-prova.

Quadro 2 – Corpos-de-prova relacionados para cimentação. **N**=nº da condição experimental; **R**=nº de réplicas; **AC**=alívio na cápsula; **SC**=sulco na cápsula; **ST**=sulco no troquel e **CP**=corpo-de-prova

N	R	AC	SC	ST	CP
1	3	A	0	0	A 0 0
2	3	A	0	1	A 0 1
3	3	A	0	2	A 0 2
4	3	A	0	3	A 0 3
5	3	A	1	0	A 1 0
6	3	A	1	1	A 1 1
7	3	A	1	2	A 1 2
8	3	A	1	3	A 1 3
9	3	A	2	0	A 2 0
10	3	A	2	1	A 2 1
11	3	A	2	2	A 2 2
12	3	A	2	3	A 2 3
13	3	A	3	0	A 3 0
14	3	A	3	1	A 3 1
15	3	A	3	2	A 3 2
16	3	A	3	3	A 3 3
17	3	B	0	0	B 0 0
18	3	B	0	1	B 0 1
19	3	B	0	2	B 0 2
20	3	B	0	3	B 0 3
21	3	B	1	0	B 1 0
22	3	B	1	1	B 1 1
23	3	B	1	2	B 1 2
24	3	B	1	3	B 1 3
25	3	B	2	0	B 2 0
26	3	B	2	1	B 2 1
27	3	B	2	2	B 2 2
28	3	B	2	3	B 2 3
29	3	B	3	0	B 3 0
30	3	B	3	1	B 3 1
31	3	B	3	2	B 3 2
32	3	B	3	3	B 3 3
33	3	C	0	0	C 0 0
34	3	C	0	1	C 0 1
35	3	C	0	2	C 0 2
36	3	C	0	3	C 0 3
37	3	C	1	0	C 1 0
38	3	C	1	1	C 1 1
39	3	C	1	2	C 1 2
40	3	C	1	3	C 1 3
41	3	C	2	0	C 2 0
42	3	C	2	1	C 2 1
43	3	C	2	2	C 2 2
44	3	C	2	3	C 2 3
45	3	C	3	0	C 3 0
46	3	C	3	1	C 3 1
47	3	C	3	2	C 3 2
48	3	C	3	3	C 3 3

O cimento utilizado foi o Fosfato de Zinco*, manipulado em ambiente climatizado, de forma padronizada, seguindo proporções previamente experimentadas, dosadas em balança digital de precisão (1mg) na técnica indicada pelo fabricante (Figura 11).

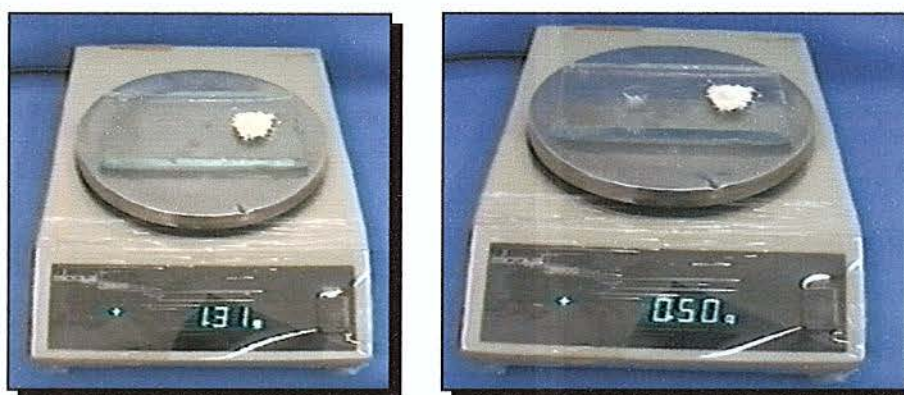


FIGURA 11 – Balança de precisão proporcionando pó e líquido do cimento.

A escolha pelo cimento fosfato de zinco foi devido à sua não adesividade e ao seu *status* de “cimento controle” adquirido em testes de avaliação de outros cimentos e também por ter sido o cimento mais indicado no último século, para cimentações.

Realizada a manipulação, o cimento foi levado às superfícies e distribuído uniformemente com pincel, como indicado por Ishikiriama et al²⁵ (1981).

O assentamento seguiu-se rapidamente, inicialmente sob pressão digital, em movimentos dinâmicos látero-intrusivos, seguido da pressão de 5 Kg, estática, fornecida pela haste vertical do delineador modificado, no interior do dispositivo descrito por Pavanelli et al.³⁷, 2001 (Figura 12).

* Lee Smith – Vigodent - Brasil

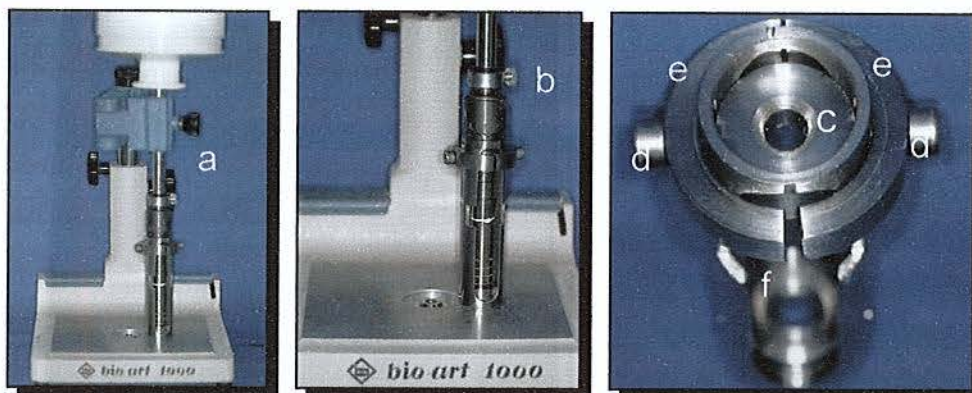


FIGURA 12 – Dispositivo: a haste vertical móvel do delineador (a); aplica pressão sobre o êmbolo do dispositivo (b) e (c); transmitindo-a ao corpo de prova. Entre a base do dispositivo e o corpo de prova está assentado um *o'ring* de borracha (f). A pressão aplicada sobre o *o'ring*, irá comprimi-lo, mantendo pressão de assentamento sobre o corpo-de-prova. Ao serem fixados os parafusos do êmbolo (d), as aletas (e) serão simultaneamente pressionadas contra o corpo do dispositivo e fixarão o êmbolo. A pressão de assentamento será então mantida.

4.4 Teste de resistência à tração para remoção das cápsulas cimentadas

Os corpos-de-prova cimentados, respeitado o mínimo de 24 horas após a última cimentação, foram submetidos a teste de resistência à tração, em uma Máquina de Ensaio Universal, EMIC (Emic, Itaquaquecetuba SP.), no Departamento de Materiais e Tecnologia da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, UNESP. (Figura 13).

A força necessária à separação foi anotada em Kgf, e os valores obtidos estão relacionados na Tabela 1.

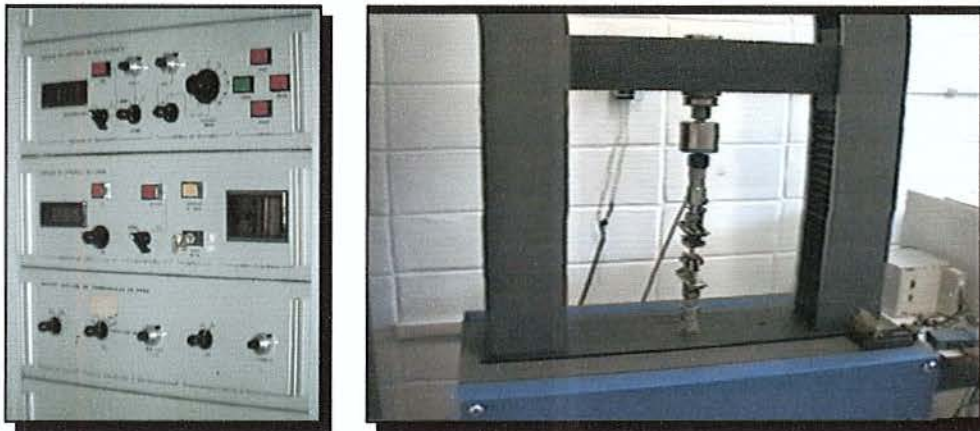


FIGURA 13 – Máquina de Ensaio Universal: a) Painel de controle da Máquina de Ensaio Universal EMIC; b) módulo de aplicação de ensaios.

4.5 Análise estatística

Neste experimento, classificado como fatorial do tipo $3 \times 4 \times 4$, podem ser observados os efeitos de três condições de alívio interno (nas cápsulas), e quatro situações de sulcos, tanto no interior das cápsulas como nas superfícies externas dos troqueis, em relação à tensão de tração necessária à remoção das cápsulas que foram cimentadas sobre esses troqueis.

Como variáveis independentes foram consideradas: efeito da quantidade de alívio; efeito da quantidade de sulcos nas cápsulas e efeito da quantidade de sulcos nos troqueis, em relação à resistência à tração para separação das superfícies cimentadas.

Para o fator alívio, foram consideradas três situações:

- a) **A** (alívio zero);
- b) **B** (alívio de $30\mu\text{m}$);
- c) **C** (alívio interno de $60\mu\text{m}$).

Para o segundo fator, quantidade de sulcos horizontais no interior das cápsulas, observou-se quatro situações:

- a) **0** (ausência de sulcos);
- b) **1** (presença de um sulco);
- c) **2** (presença de dois sulcos);
- d) **3** (presença de três sulcos).

No terceiro fator, quantidade de sulcos horizontais nas paredes axiais dos troqueis, também foram consideradas quatro situações:

- a) **0** (ausência de sulcos);
- b) **1** (presença de um sulco);
- c) **2** (presença de dois sulcos);
- d) **3** (presença de três sulcos).

A força de tração necessária à separação das partes cimentadas, em Kgf, foi considerada como variável dependente.

Esse estudo resultou 48 condições experimentais, que replicadas três vezes totalizaram 144 dados para comparações e análise. O método estatístico aplicado inicialmente foi o da Análise de Variância (ANOVA), a três critérios fixos. Como hipótese de igualdade, estabeleceram-se os efeitos da quantidade de alívio e quantidade de sulcos nas cápsulas e a quantidade de sulcos nos troqueis, sobre o valor da tensão de tração necessária à separação dos corpos-de-prova. Observou-se também a interação entre alívio e quantidade de sulcos nas cápsulas; a interação entre alívio e quantidade de sulcos nos troqueis; a interação entre quantidade de sulcos nos troqueis e quantidade de sulcos nas cápsulas; e a interação entre alívio e quantidade de sulcos nas cápsulas e nos troqueis. Assim, se sob essa hipótese, a ocorrência de uma observação for improvável, então, torna-se prova contrária a essa hipótese, no nível de probabilidade pré-estabelecido.

Neste estudo o nível de significância adotado para rejeição da hipótese de igualdade, tanto para os efeitos produzidos pelos

fatores isolados como pela interação entre eles, foi convencionado em 5%.

5 RESULTADOS

Os valores obtidos nos testes de resistência à tração estão representados na Tabela 1.

Aplicado o método estatístico ANOVA, conforme descrito anteriormente, obteve-se como resultado significativo a desigualdade dos fatores Alívio e Sulcos na cápsula, assim como desigualdade da interação Alívio *versus* Sulcos na cápsula. Os demais fatores, destacando-se Sulcos no troquel, mostraram-se de acordo com a hipótese de igualdade, isto é, não apresentaram diferenças estatísticas significantes. O resultado da Análise de Variância está apresentado na Tabela 2.

Tabela 1 - Valores obtidos da resistência à tração, para as réplicas R dos corpos-de-prova, onde CE=condições experimentais; AC=alívio na cápsula; SC=sulcos nas cápsulas e ST=sulcos nos troqueis;

CE	AC	SC	ST	R1/Kgf	R2/Kgf	R3/Kgf
1	A	0	0	246	172	221
2	A	0	1	274	234	170
3	A	0	2	234	160	226
4	A	0	3	186	210	224
5	A	1	0	108	111	167
6	A	1	1	209	194	203
7	A	1	2	195	175	200
8	A	1	3	218	157	224
9	A	2	0	226	161	138
10	A	2	1	185	266	212
11	A	2	2	161	160	150
12	A	2	3	183	171	235
13	A	3	0	250	235	188
14	A	3	1	176	202	250
15	A	3	2	235	207	223
16	A	3	3	238	243	235
17	B	0	0	138	232	163
18	B	0	1	145	199	248
19	B	0	2	143	283	183
20	B	0	3	227	161	168
21	B	1	0	302	239	220
22	B	1	1	256	277	276
23	B	1	2	184	265	201
24	B	1	3	281	259	228
25	B	2	0	289	236	132
26	B	2	1	288	245	284
27	B	2	2	297	273	241
28	B	2	3	272	211	321
29	B	3	0	198	181	283
30	B	3	1	220	220	280
31	B	3	2	309	263	214
32	B	3	3	249	306	212
33	C	0	0	275	153	282
34	C	0	1	187	248	262
35	C	0	2	259	168	278
36	C	0	3	182	239	265
37	C	1	0	223	245	241
38	C	1	1	269	220	293
39	C	1	2	270	331	281
40	C	1	3	215	331	268
41	C	2	0	268	216	238
42	C	2	1	235	292	318
43	C	2	2	175	241	220
44	C	2	3	163	299	183
45	C	3	0	281	367	327
46	C	3	1	338	308	328
47	C	3	2	329	291	302
48	C	3	3	273	264	271

Tabela 2- Resultados da Análise de Variância

Fatores	Grau de liberdade	Soma dos quadrados	Quadrado médio	p-valor
Alívio	2	98294,20	49147,10	0,0000*
Sulco na Cápsula	3	42728,90	14243,00	0,0000*
Sulco no Troquel	3	7573,63	2524,54	0,0906
Alívio x Sulco na Cápsula	6	40513,50	6752,26	0,0000*
Alívio x Sulco no Troquel	6	2805,93	467,655	0,8698
Sulco: Cápsula x Troquel	9	5302,23	589,137	0,8580
Alívio x Sulco - cápsula e troquel	18	13742,80	763,488	0,8305
Resíduo	96	109085,00	1136,31	
Total	143	320046,00		

* = significância de $p < 0,05$

Como os fatores Alívio, Sulco na Cápsula e a interação dos dois mostraram significância na ANOVA, para se poder rejeitar a hipótese de igualdade das suas médias, realizou-se o Teste de comparação múltipla de Tukey para os grupos. O p, valor de prova do teste de Tukey foi 0,05 (ou 5%). O resultado do teste de Tukey para o fator alívio, está mostrado no Tabela 3.

Tabela 3 - Teste de Tukey (5%) para verificar o efeito Alívio (A, B, C)

Alívio	Médias	Desvio Padrão	Grupos
C	265,04	45,06	a
B	235,46	45,68	B
A	201,10	24,52	c

As médias dos três grupos apresentaram diferença estatística significativa para $p < 0,05$.

O resultado do teste de Tukey para o fator Sulco na Cápsula, está mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Teste de Tukey (5%) para o efeito Sulco na Cápsula (SC)

SC	Médias	Grupos	Observações
3	259.06	a	cápsulas com 3 sulcos diferem das demais
1	235.11	b	cápsulas com 1 sulco não diferem das
2	230.69	b c	cápsulas com 2 sulcos
0	210.61	c	cápsulas sem sulco e com 3 sulcos, diferem entre si

O resultado do teste de Tukey para o efeito da interação do fator Alívio *versus* Sulco na Cápsula, está demonstrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Efeito Interação: (Alívio) *versus* Sulco na Cápsula (SC)

Alívio	SC	Médias	Grupos			Observações
C	3	313.25	a			cápsulas com alívio C e 3 sulcos, diferiram das demais
C	1	265.58		b		cápsulas com alívio C e 1 sulco; cápsulas com alívio B e 2 sulcos; cápsulas com alívio B e 1 sulco diferiram de:
B	2	259.08		b		cápsulas com alívio A sem sulco; cápsulas com alívio A e 2 sulcos;
B	1	249.00		b		cápsulas com alívio A e 1 sulco; cápsulas com alívio B sem sulco
B	3	243.75		b	c	cápsulas com alívio B e 3 sulcos;
C	0	240.67		b	c	cápsulas com alívio C e sem sulco; cápsulas com alívio C e 2 sulcos
C	2	240.67		b	c	não diferiram entre si
A	3	220.17		b	c	d e não diferiram de:
A	0	201.17			c	d cápsulas com alívio A e 3 sulcos; cápsulas com alívio A e sem sulco
A	2	192.33				d cápsulas com alívio A e 2 sulcos;
A	1	190.75				d cápsulas com alívio A e 1 sulco;
B	0	190.00				d cápsulas com alívio B e sem sulco não diferiram entre si.

A Tabela 5 mostra a estatística descritiva do fator alívio.

Tabela 5 - Estatística descritiva: fator Alívio

Alívio	Nº de CP	Média	Mediana	Desvio Padrão	Min.	Max.	Q1	Q3
A	48	201,10	197,50	24,52	158,00	243,00	181,50	224,00
B	48	235,46	237,50	45,68	128,00	321,00	201,75	275,25
C	48	265,04	268,00	45,06	183,00	337,00	226,00	301,75

A Tabela 6 mostra a estatística descritiva do fator Sulco na cápsula.

Tabela 6 - Estatística descritiva: fator Sulco na Cápsula (SC)

SC	Nº de CP	Média	Mediana	Desvio Padrão	Min.	Max.	Q1	Q3
0	36	210,61	208,50	38,32	128,00	275,00	188,25	237,75
1	36	235,11	226,00	43,86	167,00	331,00	200,25	269,75
2	36	230,69	235,00	46,73	158,00	321,00	183,50	271,00
3	36	259,06	246,00	48,45	181,00	337,00	220,00	305,00

A Tabela 7 mostra a estatística descritiva do fator Sulco no troquel.

Tabela 7 - Estatística descritiva: fator Sulco no Troquel (ST)

ST	Nº de CP	Média	Mediana	Desvio Padrão	Mín.	Máx.	Q1	Q3
1	36	222,00	221,00	49,12	128,00	337,00	182,25	257,75
2	36	239,75	232,50	45,09	145,00	328,00	202,25	276,75
3	36	233,94	230,00	49,21	143,00	331,00	195,75	269,50
4	36	239,78	231,50	45,39	167,00	331,00	208,50	271,00

A Figura 14(a) mostra que os tracejados gráficos representativos das quantidades de sulcos nos troqueis, em relação à força de tração necessária à separação das superfícies cimentadas, não se cruzaram nenhuma vez, comprovando ausência de inter-relação entre alívio e sulco no troquel. Entretanto, esse gráfico também mostra que os patamares de força de tração aumentam com a quantidade de alívio.

A Figura 14(b) - mostra o gráfico de relacionamento entre a quantidade de sulcos e alívio nas cápsulas, em relação à força de tração necessária à separação das superfícies cimentadas. Pode-se notar claramente que os tracejados correspondentes à condição de alívio e sulcos se cruzam em determinados pontos, caracterizando inter-relação desses fatores.

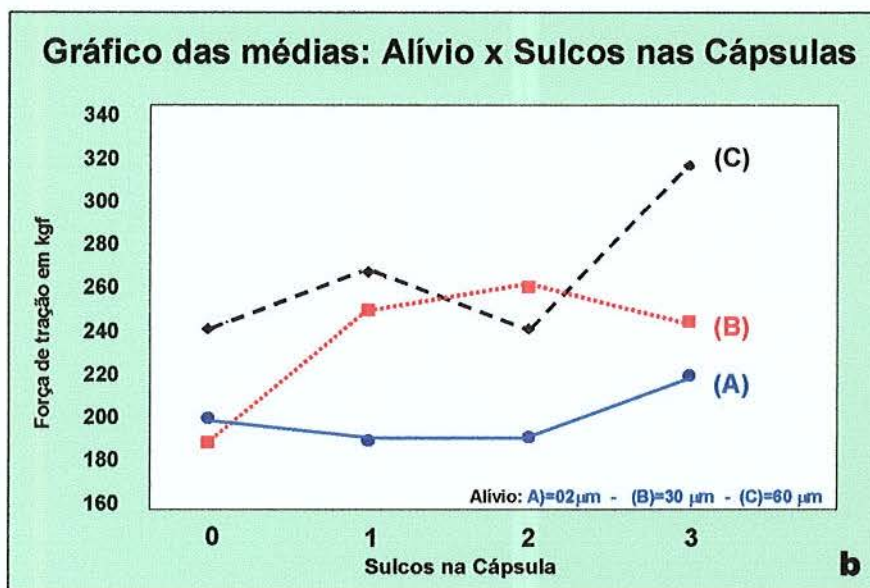
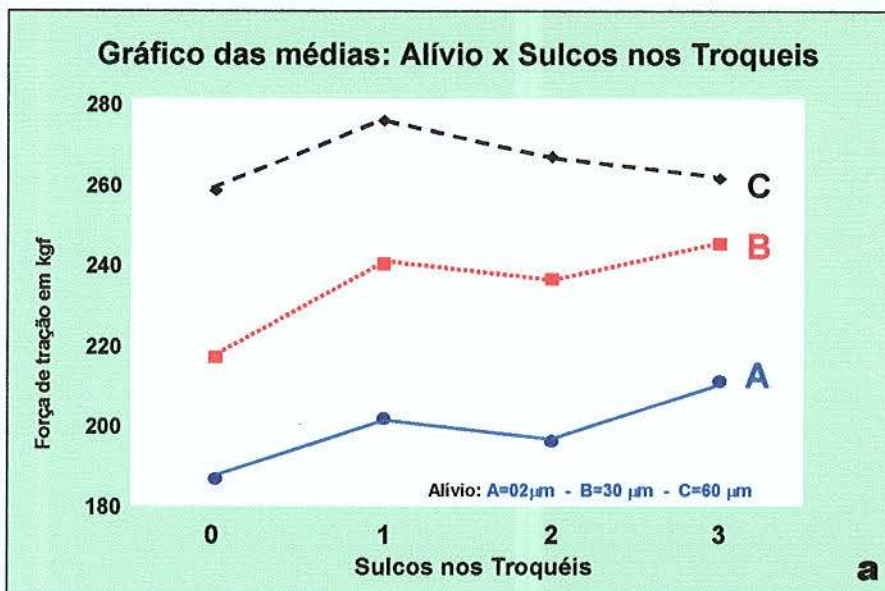


FIGURA 14 – a) o gráfico da quantidade de sulcos nos troqueis e tipo de alívio nas cápsulas, quanto à força de tração necessária à separação das superfícies cimentadas, não mostrou diferença estatística significativa. Entretanto, mostra claramente que os tracejados correspondentes à condição de alívio, ocupam patamares que exigem maior força de tração, quanto maior for o alívio; b) Gráfico da interação das condições Alívio e Sulco na cápsula. Onde as linhas do gráfico se cruzam a interação foi efetiva

A Tabela 8 mostra a estatística descritiva da interação tripla dos fatores: Alívio *versus* Sulco na cápsula *versus* Sulco no troquel.

Tabela 8 - Estatística descritiva: Interação tripla dos fatores: (Alívio) x (Sulco na cápsula) x (Sulco no troquel)

(A)x(SC)x(ST)	N	Média	Mediana	Min.	Máx.	Q1	Q3
1	3	192,00	192,00	189,00	195,00	189,00	195,00
2	3	196,00	194,00	170,00	224,00	170,00	224,00
3	3	206,70	226,00	160,00	234,00	160,00	234,00
4	3	210,00	210,00	196,00	224,00	196,00	224,00
5	3	173,00	172,00	167,00	180,00	167,00	180,00
6	3	198,67	199,00	194,00	203,00	194,00	203,00
7	3	191,67	195,00	180,00	200,00	180,00	200,00
8	3	199,70	208,00	167,00	224,00	167,00	224,00
9	3	181,70	161,00	158,00	226,00	158,00	226,00
10	3	211,00	212,00	185,00	236,00	185,00	236,00
11	3	173,67	180,00	160,00	181,00	160,00	181,00
12	3	203,00	191,00	183,00	235,00	183,00	235,00
13	3	211,00	220,00	188,00	225,00	188,00	225,00
14	3	209,30	202,00	196,00	230,00	196,00	230,00
15	3	221,67	223,00	207,00	235,00	207,00	235,00
16	3	238,67	238,00	235,00	243,00	235,00	243,00
17	3	171,00	163,00	128,00	222,00	128,00	222,00
18	3	190,70	199,00	145,00	228,00	145,00	228,00
19	3	196,30	183,00	143,00	263,00	143,00	263,00
20	3	202,00	191,00	188,00	227,00	188,00	227,00
21	3	247,00	239,00	220,00	282,00	220,00	282,00
22	3	269,67	276,00	256,00	277,00	256,00	277,00
23	3	223,30	204,00	201,00	265,00	201,00	265,00
24	3	256,00	259,00	228,00	281,00	228,00	281,00
25	3	235,70	236,00	182,00	289,00	182,00	289,00
26	3	262,30	258,00	245,00	284,00	245,00	284,00
27	3	270,30	273,00	241,00	297,00	241,00	297,00
28	3	268,00	272,00	211,00	321,00	211,00	321,00
29	3	220,70	198,00	181,00	283,00	181,00	283,00
30	3	240,00	220,00	220,00	280,00	220,00	280,00
31	3	258,70	263,00	214,00	299,00	214,00	299,00
32	3	255,70	249,00	212,00	306,00	212,00	306,00
33	3	240,00	262,00	183,00	275,00	183,00	275,00
34	3	239,00	248,00	207,00	262,00	207,00	262,00
35	3	241,70	259,00	198,00	268,00	198,00	268,00
36	3	242,00	239,00	222,00	265,00	222,00	265,00
37	3	236,33	241,00	223,00	245,00	223,00	245,00
38	3	260,70	269,00	220,00	293,00	220,00	293,00
39	3	294,00	281,00	270,00	331,00	270,00	331,00
40	3	271,30	268,00	215,00	331,00	215,00	331,00
41	3	240,70	238,00	216,00	268,00	216,00	268,00
42	3	281,70	292,00	235,00	318,00	235,00	318,00
43	3	218,70	220,00	195,00	241,00	195,00	241,00
44	3	221,70	183,00	183,00	299,00	183,00	299,00
45	3	315,00	327,00	281,00	337,00	281,00	337,00
46	3	318,00	318,00	308,00	328,00	308,00	328,00
47	3	310,67	302,00	301,00	329,00	301,00	329,00
48	3	309,33	313,00	291,00	324,00	291,00	324,00

A Figura 15 mostra representação gráfica do tipo *Box Plot*, dos efeitos da interação do fator Alívio, com a condição sem Sulco nas cápsulas.

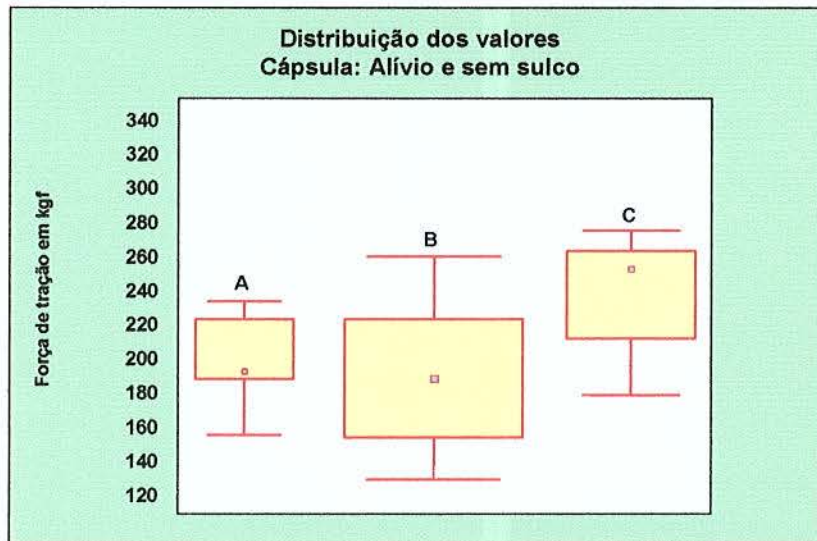


FIGURA 15 - Efeitos da interação do fator Alívio, com a condição sem Sulco nas cápsulas.

A Figura 16 mostra representação gráfica do tipo *Box Plot*, dos efeitos da interação do fator Alívio, com a condição de um Sulco nas cápsulas.

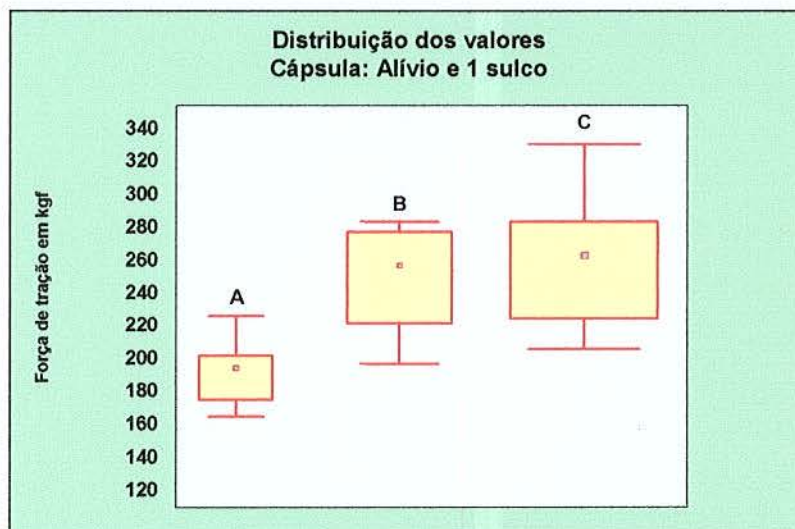


FIGURA 16 - Efeitos da interação do fator Alívio, com a condição um Sulco nas cápsulas.

A Figura 17 mostra representação gráfica do tipo *Box Plot*, dos efeitos da interação do fator Alívio, com a condição de um Sulco nas cápsulas.

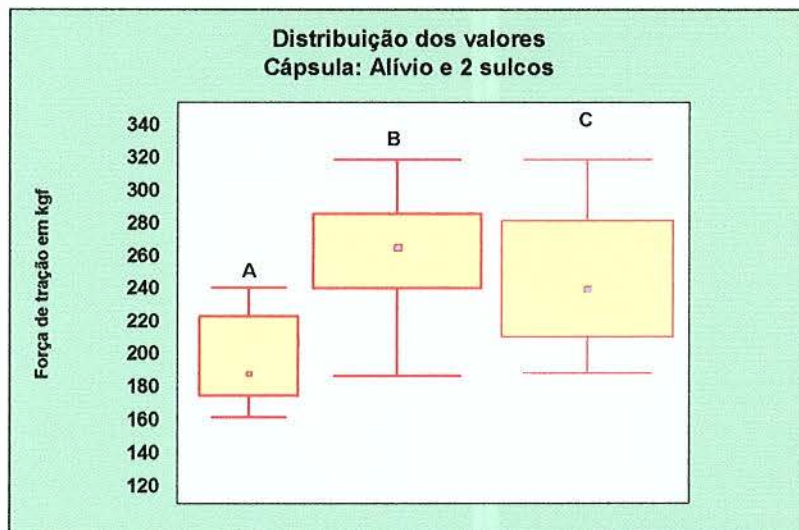


FIGURA 17 - Efeitos da interação do fator Alívio, com a condição dois Sulcos nas cápsulas.

A Figura 18 mostra representação gráfica do tipo *Box Plot*, dos efeitos da interação do fator Alívio, com a condição de um Sulco nas cápsulas.

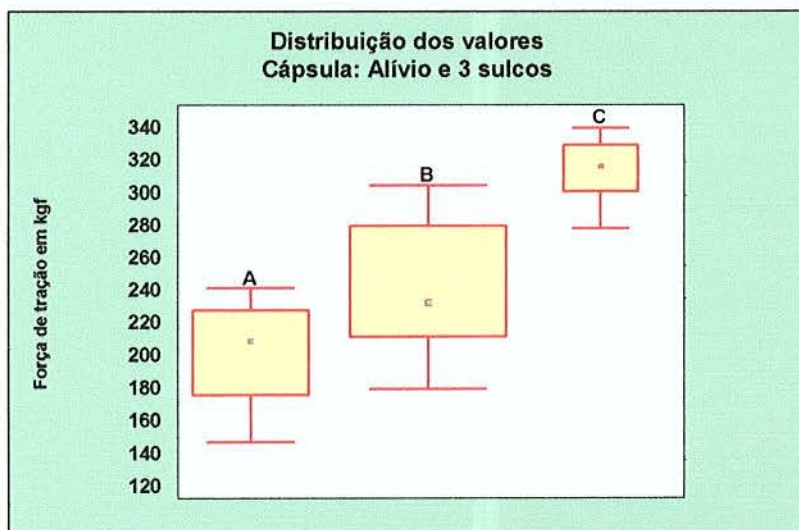


FIGURA 18 - Efeitos da interação do fator Alívio, com a condição três Sulcos nas cápsulas.

6 DISCUSSÃO

A Odontologia Restauradora, especialmente a Prótese dentária, busca incessantemente encontrar o equilíbrio ideal entre a melhor técnica e o melhor resultado.

O ajuste marginal é, se não o mais, pelo menos um dos principais responsáveis pela qualidade e longevidade das próteses fixas e, por isso mesmo, tem sido exaustivamente estudado (Basset et al.⁴, 1964; Gavelis et al.¹⁷, 1981; Kashani et al.²⁹, 1981; Byrne⁵, 1992; Pilo & Cardash³⁹, 1998).

Definir ajuste marginal ideal pode, em certos momentos ser frustrante, principalmente quando se sabe, que o ideal, dente hígido, já foi perdido. Entretanto, encontrar a melhor forma de devolver a saúde e a função a um paciente, em qualquer área, pode ser estimulante. Encontrar a relação ajuste/desajuste aceitável é um exercício que combina a realidade com o conhecimento.

Adaptação completa (no significado exato da palavra) em todas as paredes do preparo é um desejo impossível de ser conseguido. A lei de Newton pode explicar bem essa impossibilidade: "dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo". Uma microscópica rugosidade pode transformar-se em um obstáculo mecânico intransponível ao deslizamento das superfícies durante o assentamento ou cimentação. Não podemos esquecer que o cimento forma uma película (Jorgensen & Esbensen²⁷, 1968; Grajower & Lewinstein¹⁹, 1983; Wilson et al.⁵¹, 1994).

Quando falamos de perfeito assentamento da restauração não significa necessariamente que estejamos nos referindo a contato total e íntimo das suas paredes internas com as paredes externas dos dentes preparados, mas certamente do contato íntimo e preciso das suas margens com as margens do remanescente dentário. Para o Clínico, a margem cervical mostra o resultado que realmente interessa (Kern et al.³⁰, 1993).

As paredes demasiadamente justas também podem criar resistência ao escoamento do cimento, maximizando a importância da viscosidade e do tamanho das suas partículas, pois aumentam a oposição hidráulica ao assentamento durante a cimentação.

6.1 Quanto ao desenho dos preparos

Forma, conicidade das paredes axiais, altura, sulcos, e outros artifícios de técnica acrescidos ao desenho dos preparos coronários com a finalidade de melhorar a retenção, podem, em certas condições, dificultar o assentamento e adaptação marginal dessas restaurações (Gavelis et al.¹⁷, 1981; Hunter & Hunter^{23,4}, 1990). Concordamos com isso porque esses procedimentos geralmente são praticados para aumentar a área do preparo, restringir movimentos e aumentar o atrito, que com certeza acabam significando exigência de maior pressão de assentamento e aceleração do tempo de escoamento do cimento na cimentação.

Tipo de linha de terminação marginal é para alguns autores fator determinante do ajuste marginal (Gavelis et al.¹⁷, 1981; Kashani et al.²⁹, 1981). Inclusive em 1985, Dedmon¹⁴ chegou a associar abertura marginal ao desenho do término cervical e mostrou que terminações em chanfro apresentavam aberturas marginais superiores às que encontrou em preparos terminados em lâmina de faca. As

terminações em ombro puro apresentavam valores de abertura ainda maiores.

Da mesma forma, McAdam³³, 1985, comparou preparo em ombro reto 90° com preparo terminado em ombro 135°. É representativo para nós, o fato de que os autores que encontraram resultados significantes para diferentes tipos de linhas de terminação cervical, tenham relacionado que quanto maior o ângulo da parede gengival do preparo em relação ao seu eixo ocluso cervical, melhor será o ajuste marginal. O ângulo de 135° parece ter sido favorável à boa adaptação.

Entretanto, Byrne⁵ em 1992 e Syu et al.⁴³ em 1993, não observaram interferência do tipo de linha de terminação com o ajuste marginal das coroas. Com relação a isso, acreditamos que se também formos considerar alívio interno para o cimento nessas coroas, inclinações maiores que 90 graus nas margens não aliviadas, serão mais favoráveis à estabilização no assentamento.

O estudo de Pilo & Cardash³⁹ em 1998 foi muito interessante ao analisar 97 dentes restaurados com coroas que foram extraídos após permanência na boca por no mínimo dez anos, por doença periodontal. Quando seccionaram esses dentes longitudinalmente encontraram espessuras de película de cimento com média de 112µm nas paredes axiais e 300µm nas oclusais. Suas conclusões foram que o assentamento oblíquo foi responsável principal pelo assentamento incompleto e causador de películas de cimento maiores, mas não foi em nenhum dos casos a razão para a exodontia (vida média de 16,7anos).

Se comparássemos os resultados de Pilo & Cardash³⁹, 1998, quanto ao assentamento e espessura da película do cimento, com o nosso trabalho, onde não ocorreu assentamento oblíquo, coroas realizadas semelhantes às que testamos, teriam condições de apresentar pelo menos a mesma média de longevidade.

No nosso experimento resolvemos adotar como geometria padrão do preparo (não variou), conicidade das paredes axiais de 10° e terminação marginal em ombro de 135°.

6.2 Quanto ao espaço para o cimento

Em 1966, Basset et al.⁴, realizaram experimentos visando resolver o que denominaram problemas que ocorriam na cimentação de coroas totais. Sugeriu então, a criação de alívio interno nas fundições, perfuração oclusal para o escoamento do cimento e ainda sobre-extensões das bordas das coroas como forma de melhorar o ajuste. Desde essa época já havia uma preocupação com fatores que poderiam interferir com o assentamento. As pesquisas da época visavam identificar e avaliar o grau de interferência e inter-relação entre os fatores.

Novos tipos de cimento, com viscosidades, resistências e capacidade de adesão, diferentes, exigiram atenção especial dos pesquisadores, mas o velho cimento fosfato de zinco continuou persistindo como referência para comparações com os novos cimentos, mostrando sua qualidade, principalmente quando as cavidades apresentavam características retentivas satisfatórias para ele.

A grande facilidade e pequena exigência da técnica de manipulação do cimento fosfato de zinco, sempre foram pontos fortes da sua indicação para cimentações. Seus resultados quanto à capacidade de manter a restauração retida sobre o preparo, sob condições para as quais é indicado, tem mostrado ser suficiente para resistir praticamente por tempo indefinido na cavidade bucal. Este motivo fez com que o utilizássemos neste trabalho.

Algumas dificuldades precisam ser lembradas, proporcionar pó e líquido com o dosador de pó e o conta-gotas do frasco

do líquido é praticamente impossível. Notamos que a manipulação da proporção indicada pelo fabricante torna inviável sua utilização para cimentação. A alta viscosidade interfere com o escoamento.

Na realização deste trabalho, tivemos que padronizar a proporção pó-líquido, observando o critério viscosidade e dificuldade de assentamento de vários corpos-de-prova, aliviados ou não, pesando pó e líquido em balança digital de precisão, até que sob nossas condições de pressão, obtivéssemos completo assentamento. (conferido com um paquímetro digital de precisão antes e após a cimentação). A variação em peso do pó medido com dosador foi muito grande e impossível de ser controlada. O líquido, também apresentou diferenças relevantes de frasco para frasco. Assim, 0,5g chegou a ser conseguido com sete gotas de um frasco, oito de outro frasco e até nove gotas em um terceiro, significando uma variação de até 30%. No pó a variação foi maior. Não era nosso objetivo estudar especificamente cimento e nos artigos que pesquisamos não encontramos referência a fato semelhante. É lamentável não encontrarmos facilmente no mercado nacional cimento pré-dosado, capsulado.

Como na maioria dos casos, o profissional usa o cimento fosfato de zinco segundo critérios ensinados nos bancos escolares, onde o controle da viscosidade é realizado na placa de vidro na hora da manipulação, acreditamos que o uso de artifícios para diminuir o tempo necessário ao seu escoamento, sem a diminuição temerária da proporção pó-líquido seja o caminho adequado para tornar esse cimento indicado ainda por muito tempo, para cimentações.

Os resultados do nosso trabalho mostraram em média excelente resistência à tração para a variável alívio nas cápsulas, na altura e conicidade padronizadas dos troqueis. Notamos que, apesar de não ter sido nosso propósito observá-lo, o assentamento foi mais rápido e

mais fácil quando se fez alívio na cápsula, o que é concorde com os resultados de (Wilson et al.⁵³, 1990; Wang et al.⁴⁹, 1992)

Shillingburg et al.⁴⁰, 1988, já ressaltavam com diagramas muito didáticos e elucidativos, a importância da área do preparo na retenção das próteses fixas. Não podemos esquecer que quando do relacionamento de uma coroa cimentada a um preparo dentário, três situações de superfícies podem estar envolvidas: a primeira é o cimento com a superfície do dente; a segunda é o cimento e a superfície da coroa (acabada conforme critérios do laboratório); e a terceira é o corpo do cimento, correspondente à sua espessura de película. Se observarmos área de contato do cimento com as superfícies, concluiremos que a externa, isto é, a que se relaciona com a coroa é maior que a interna que se relaciona com o preparo. Portanto, se fizéssemos a decomposição da retenção, separando a parte cabível ao contato do cimento com a coroa e a parte cabível ao contato do cimento com o preparo, encontraríamos valores retentivos maiores para o contato com a coroa, simplesmente pelo fato dele ocorrer sobre uma superfície maior.

Se os preparos forem mantidos intactos e as coroas forem aliviadas internamente, a área da superfície interna seria proporcionalmente aumentada e conseqüentemente a retenção oriunda do relacionamento do cimento com a superfície da coroa, também aumentaria.

Dois fatos importantes devem ser considerados nas situações onde são realizados alívios: a) há uma diferença de capacidade de retenção entre as superfícies, externa e interna do cimento com as superfícies que faz contato; b) quando se faz alívio, a espessura da película do cimento aumenta.

Sob força de tração, três situações de resistência estarão ocorrendo: a) atrito do cimento com a parede interna da coroa; b) atrito do cimento com a parede do preparo, em sentido contrário ao da situação 1;

c) resistência ao cisalhamento da massa do cimento que compõe sua película.

O embricamento mecânico que garante ao cimento resistência ao cisalhamento, varia de acordo com o grau de conicidade e de rugosidade das paredes (Oilo & Jorgensen³⁵, 1978; Darveniza et al.¹³, 1987; Felton, et al.¹⁶, 1987; Juntavee & Millstein²⁸, 1992; Ayad et al.³, 1997) e direção da força incidente. Grande conicidade (expulsividade) e a existência de trajetórias de escape tornam menos efetivo o atrito entre as superfícies.

Se considerarmos a realização de um sulco em uma cápsula, sua orientação centrífuga em relação ao troquel, envolverá uma área de superfície consideravelmente maior que se esse sulco for realizado no próprio troquel. Talvez essa seja uma das razões que possa justificar a ocorrência de resultados estatísticos mais nítidos nas cápsulas.

6.3 Quanto à superfície e os resultados

Os corpos de prova submetidos a uma força crescente de tração, deram origem a um pico de força de resistência "F", registrada na ruptura da união cápsula/cimento/troquel. O diagrama da Figura 19 mostra situações experimentais de aplicação da força de tração e algumas variáveis estudadas no nosso trabalho. Nesse diagrama, também estão demarcadas duas regiões de interesse ao estudo das forças de tração: região α , nas paredes axiais (Figura 20) e região β , nas oclusais (Figura 21). A força de tração aplicada sobre a região β é pouco interessante para o nosso estudo (depende mais da adesividade do cimento), é constante e foi semelhante em todas as condições experimentadas. A região α foi a que realmente respondeu às variáveis aplicadas e sofreu variações conforme as condições experimentais pré-estabelecidas.

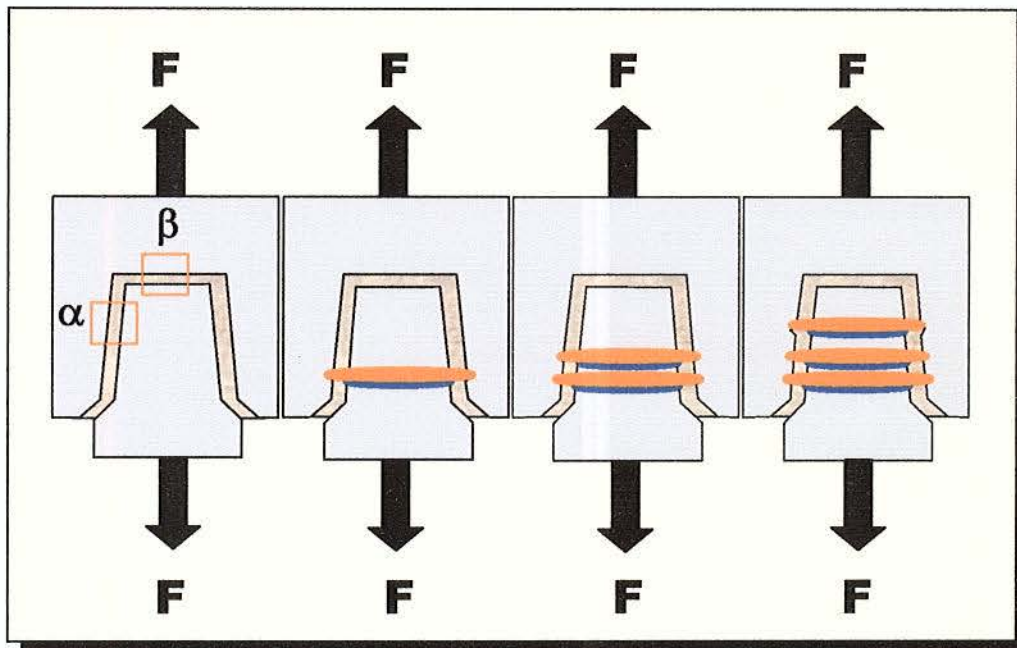


FIGURA 19- Diagrama mostrando quatro situações experimentais de sulcos. α - representa segmento de parede axial. β - representa segmento de parede oclusal. Anéis coloridos mostram acréscimo de área verificado com a confecção de sulcos: azul = no troquel e vermelho = na cápsula.

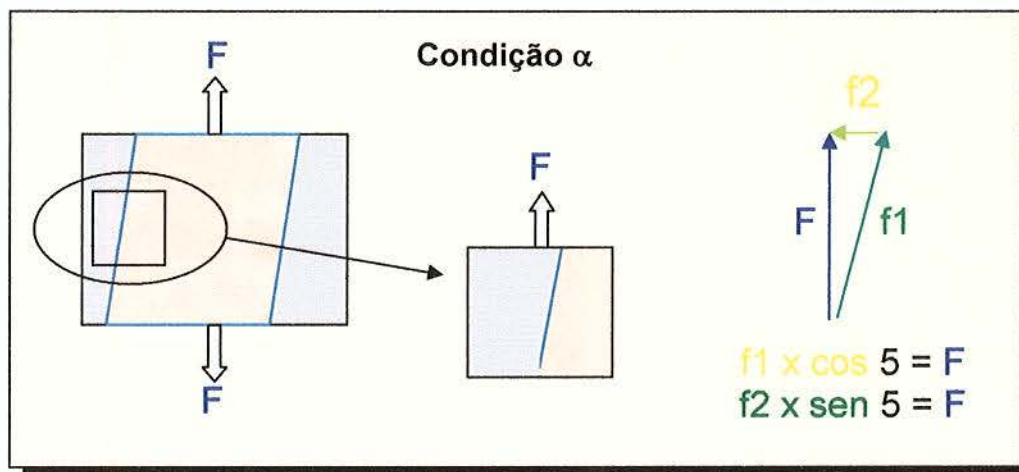


FIGURA 20- Diagrama da condição α , mostrando decomposição vetorial da força de resistência à tração "F": $f2$ = componente de força normal (perpendicular à força F) e $f1$ = paralela à superfície do preparo.

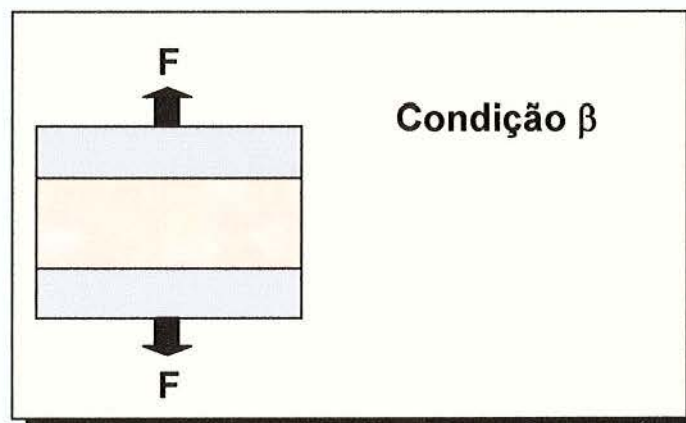


FIGURA 21 - Diagrama da condição β , mostrando força de resistência à tração "F".

Na condição α , a decomposição vetorial da força de resistência à tração "F" pode ser feita em uma componente de força paralela à parede axial $f1$; e em uma componente normal $f2$ (normal é quando a componente é perpendicular à força F). Para calcular a componente $f2$, aplicamos a fórmula: $f2 = F / \text{sen } 5$ (onde 5 é o grau de

inclinação da parede axial), encontramos valor pouco expressivo, ou seja, para $F=1$, f_2 seria igual a 0,08715, permitindo afirmar que no sentido de atuação da força normal, o esforço de tração que está sendo aplicado ao cimento é muito pequeno.

Em contra partida, no sentido de ação da componente de força f_1 , o esforço aplicado ao cimento é principalmente de cisalhamento, isto é, de deslizamento sobre e entre as paredes com as quais está em contato. " f_1 " é calculado pela fórmula: $f_1 = F / \cos 5$, isto significa que para $F=1$, $f_1 = 0,99619$, isto é, muito próximo de 1, e conseqüentemente muito próximo da própria força F .

Quando se introduz um sulco horizontal na superfície axial, a força F de resistência à tração, aumenta na mesma proporção exigida ao cisalhamento do cimento na direção da componente f_1 . f_2 permanece constante.

O relacionamento da área de contato da interface: cápsula/cimento/troquel age de acordo com a fórmula (Figura 22):

$$P = F/A$$

FIGURA 22 – Fórmula para determinar a pressão: P= pressão; F= força Aplicada; A= área onde a força está sendo aplicada.

Devemos lembrar que o cisalhamento do cimento pode ser provocado pela aplicação de uma determinada força em uma certa área de superfície, e que a resistência ao cisalhamento é uma constante do material. O aumento da área faz com que maior força seja exigida para que a ruptura possa ocorrer.

No diagrama da Figura 24, pode-se ver esquematicamente o aumento da área gerado pelos sulcos. Calculadas

as áreas dos sulcos, podemos dizer que o acréscimo de área conseguido com a realização de um sulco no troquel corresponde a 30% do conseguido com a realização na cápsula.

A fórmula abaixo calcula a área, delimitada por um sulco. O diâmetro maior corresponde à superfície e o diâmetro menor é o interno (Figura 23).

$$A = \pi ((D^2) - (d^2))/4$$

FIGURA 23 – Fórmula para cálculo da área: A= área; D= diâmetro maior (externo); d= diâmetro menor (interno).

Os valores que obtivemos de resistência à tração estão de acordo com o esperado. Calculando o acréscimo de área, a retenção gerada por sulco no troquel foi menor que na cápsula e proporcionalmente, não foi significativa em área, se comparado com o conseguido com sulco ou alívio na cápsula.

Em virtude de na cápsula a área do sulco ser maior a pressão sofrida pelo cimento será menor, pois a força será distribuída pela área.

Visto que a área da parede interna da cápsula foi sempre maior que a área da superfície do troquel, em todas as condições experimentais do nosso trabalho, foi coerente o resultado obtido, onde as médias de resistência à tração foram diretamente maiores com o aumento do alívio e dos sulcos. Compatíveis também com o aumento da resistência ao cisalhamento do cimento, visto que houve aumento da área da espessura de película e o mesmo esforço foi distribuído por uma área maior.

Devemos ter cuidado para não interpretar a pouca influência do sulco no troquel como um sinal de que não haveria a necessidade da sua presença. Temos que lembrar o ditado popular: “nenhuma corrente é mais forte do que seu elo mais frágil”. Assim, também é de se prever que como a resistência é menor na menor área do troquel, será nele que provavelmente ocorrerá a ruptura do cimento.

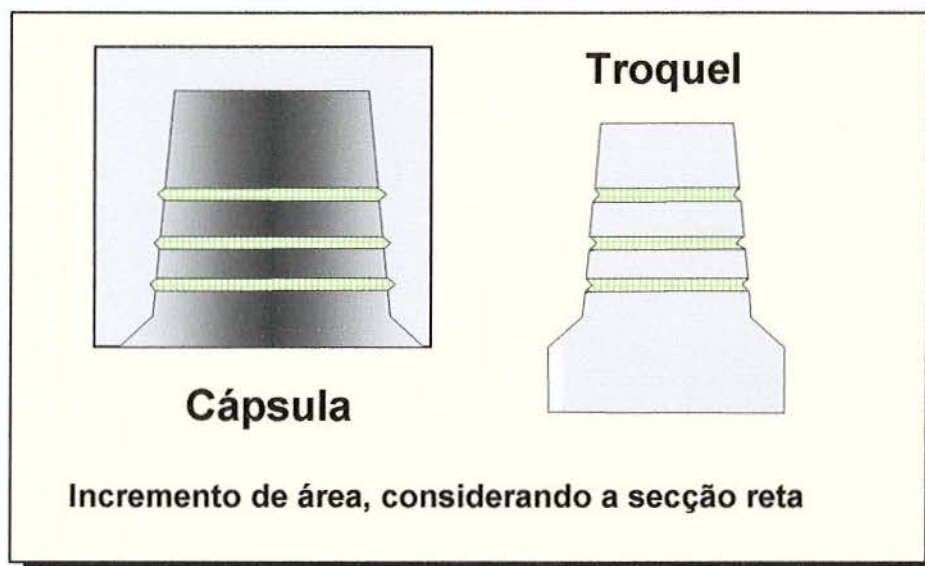


FIGURA 24 - Diagrama de secção reta para mostrar a diferença de área acrescida, com a realização de sulcos na cápsula e no troquel.

Acreditamos que novos estudos deveriam ser desenvolvidos para observar a participação da resistência do cimento ao cisalhamento, em situações de restrição como as que ocorrem nas coroas cimentadas, variando a espessura da película.

7 CONCLUSÕES

Segundo as condições experimentais propostas neste estudo, e conforme a análise estatística aplicada aos resultados obtidos, podemos concluir que a resistência à tração:

- a) aumentou com o aumento da quantidade de alívio interno nas cápsulas;
- b) aumentou com o aumento da quantidade de sulcos horizontais nas cápsulas;
- c) permaneceu praticamente inalterada com ou sem a presença de sulcos nos troqueis;
- d) apresentou valores satisfatórios para as cápsulas em todas as condições experimentais estabelecidas, sugerindo que nos troqueis estejam as limitações da retenção.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS*

- 1 AL-OMARI, W.M.; MITCHELL, C.A.; CUNNINGHAM, J.L. Surface roughness and wet ability of enamel and dentine surfaces prepared with different dental burs. **J Oral Rehabil**, v.28, p.645-50, 2001.
- 2 AYAD, M.F.; ROSENSTIEL, S.F.; HASSAN, M.M. Surface roughness of dentin after tooth preparation with different rotatory instrumentation. **J Prosthet Dent**, v.75, n.2, p.122-8, Feb. 1996.
- 3 AYAD, M.F.; ROSENSTIEL, S.F.; SALAMA, M. Influence of tooth surface roughness and type of cement on retention of complete cast crowns. **J Prosthet Dent**, v.77, n.2, p.116-21, Feb. 1997.
- 4 BASSET, R.W.; INGRAHAN, R.; KOSER, J. R. Solving the problems of cementing the full veneer cast gold crown. **J Prosthet Dent**, Los Angeles, v.16, n.4, p.740-7, July/Aug. 1966.
- 5 BYRNE, G. Influence of finish-line form on crown cementation. **Int J Prosthodont**, v.5, n.2, p.137-44, Mar./Apr. 1992.
- 6 BUTEL, E.M.; CAMPBELL, J.C.; DI FIORE, P.M. Crown margin design: a dental school survey. **J Prosthet Dent**, v.65, p.303-5, 1991
- 7 CAMPAGNI, W.V.; PRESTON, J.D.; REISBICK, M.H. Measurement of paint-on die spacers used for casting relief. **J Prosthet Dent**, v.47, n.6, p.606-11, June 1982.
- 8 CAMPAGNI, W.V.; WRIGHT, W.; MARTINOFF, J.T. Effect of die spacer on the seating of complete cast gold crowns with grooves. **J Prosthet**

* Baseado em:
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Rio de Janeiro. **Informação e documentação: referências, elaboração NBR 6023. Rio de Janeiro, 2000. 22p.**

- Dent**, v.55, n.3, p.324-8, Mar. 1986.
- 9 CARTER, S.M.; WILSON, P.R. The effect of die spacing on crown retention. **Int J Prosthodont**, v.9, n.1, p.21-9, 1996.
 - 10 CARTER, S.M.; WILSON, P.R. The effects of die-spacing on post-cementation crown elevation and retention. **Aust Dent J**, v.42, n.3, p.192-8, 1997.
 - 11 CHAN, K.C.; HORMATI, A.A.; BOYER, D.B. Auxillary retention for complete crowns provided by cement keys. **J Prosthet Dent**, v.45, n.2, p.152-5, Feb. 1981.
 - 12 COOPER, T.M. et al. Effect of venting on cast gold fill crowns. **J Prosthet Dent**, v.26, n.6, p.621-6, Dec. 1971.
 - 13 DARVENIZA, M., ET AL. The effects of surface roughness and surface area on the retention of crowns luted with zinc phosphate cement. **Aust Dent J**, v.32, n.6, p.446-57, 1987.
 - 14 DEDMON, H.W. The relationship between open margins and margin designs on full cast crowns made by commercial dental laboratories. **J Prosthet Dent**, v.53, n.4, p.463-6, April 1985.
 - 15 EAMES, W.B. et al. Techniques to improve the seating of castings. **J Am Dent Assoc**, v.96, n.3, p.432-7, Mar. 1978.
 - 16 FELTON, D.A.; KANOY, B.E.; WHITE, J.T. The effect of surface roughness of crown preparations on retention of cemented castings. **J Prosthet Dent**, v.58, n.3, p.292-6, Sept. 1987.
 - 17 GAVELIS, J.R. et al. The effect of various finish line preparations on the marginal seal and occlusal seat of full crown preparations. **J Prosthet Dent**, v.45, n.2, p.138-45, Feb. 1981.
 - 18 GEGAUFF, A.G.; ROSENSTIEL, S.F. Reassessment of die-spacer with dynamic loading during cementation. **J Prosthet Dent**, v.61, n.6, p.655-8,

June 1989

- 19 GRAJOWER, R.; LEWINSTEIN, I. A mathematical treatise on the fit of crowns castings. **J Prosthet Dent**, v.49, n.5, p.663-74, May 1983.
- 20 GRAJOWER, R.; ZUBERI, Y.; LEWINSTEIN, I. Improving the fit of crowns with die spacers. **J Prosthet. Dent**, v.61, n.5, p.555-63, May 1989.
- 21 GRAJOWER, R. et al. The effective minimum cement thickness of zinc phosphate cement for luted non precious crowns. **J Oral Rehabil**, v.12, p.235-45, 1985.
- 22 HEMBREE, J.H.; COOPER JUNIOR, E.W. Effect of die relief on retention of cast crowns and inlays. **Oper Dent**, v.4, p.1-7, 1979.
- 23 HUNTER, A. J.; HUNTER, A. R. Gingival crown margin configurations: a review and discussion. Part I: Terminology and widths. **J Prosthet Dent**, v.64, n.5, p.548-52, Nov. 1990.
- 24 HUNTER, A. J.; HUNTER, A. R. Gingival margins for crowns: a review and discussion. Part II: discrepancies and configuration. **J Prosthet Dent**, v.64, n.6, p.636-42, Dec. 1990.
- 25 ISHIKIRIAMA, A. et al. Influence of some factors on the fit of cemented crowns. **J Prosthet Dent** v.45, n.4, p.400-4, Apr. 1981.
- 26 JORGENSEN, K. D. Factors affecting the film thickness of zinc phosphate cements. **Acta Odontol Scand**, v.18, p.479-90, 1960.
- 27 JORGENSEN, K.D.; ESBENSEN, A.L. The relationship between the film thickness of zinc phosphate cement and the retention of veneer crowns. **Acta Odontol Scand**, v.26, n.3, p.169-75, 1968.
- 28 JUNTAVEE, N.; MILLSTEIN, P.L. Effect of surface roughness and cement space on crown retention. **J Prosthet Dent**, v.68, n.3, p.482-6, Sept. 1992.
- 29 KASHANI, H. G.; KHERAS, S. C.; GULKER, I. A. The effects of bevel

- angulation on marginal integrity. **J Am Dent Assoc**, v.1, p.882-5, Dec. 1981.
- 30 KERN, M.; SCHALLER, H. G.; STRUB, J. R. Marginal fit of restorations before and after cementation in vivo. **Int J Prosthodont**, v.6, n.6, p.585-91, 1993.
- 31 MARKER, A. et al. Factors affecting the retention and fit of gold castings. **J Prosthet Dent**, v.57, n.4, p.425-30, Apr. 1987.
- 32 McADAM, D.B. Preparation of a 135-degree shoulder for a ceramometal margin using an end-cutting bur. **J Prosthet Dent**, v.54, n.4, p.473-6, Oct. 1985
- 33 MILLER GD.; TJAN, A.H.L. The internal escape channel: a solution to incomplete seating of full cast crowns. **J Am Dent Assoc**, v.1, Mar. 1982.
- 34 O'CONNOR, R.P.; NAYYAR, A.; KOVARICK, R.E. Effect of internal microblasting on retention of cemented cast crowns. **J Prosthet Dent**, v.64, n.5, p.557-62, Nov. 1990.
- 35 OILO G, JORGENSEN K.D. The influence of surface roughness on the retentive ability of two dental luting cements. **J Oral Rehabil**, v.5, n.4, p.377-89, 1978.
- 36 PASSON, C. et al. The effect of multiple layers of die-spacer on crown retention. **Oper Dent** v.17, n.2, p.42-9, 1992.
- 37 PAVANELLI, C.A. et al. Discrepância vertical de assentamento de coroas totais: dispositivo paras fixação e mensuração pré e pós-cimentação (*in vitro*). **Pós-Grad Rev Fac Odontol São José dos Campos**, v.4, n.2, maio/ago. 2001.
- 38 PHILLIPS, R. W. **Materiais dentários de Skinner**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1978. p.485-90
- 39 PILO, R.; CARDASH, H.S. In vivo retrospective study of cement thickness

- under crowns. **J Prosthet Dent**, v.79, n.6, p.621-5, June 1998.
- 40 SHILLINGBURG, H.T.; JACOBI, R.; BRACKETT, S.E. Princípios biomecânicos dos preparos. In:__. **Fundamentos dos preparos dentários**. Trad. M. Ueti. São Paulo: Quintessence, 1988. p.13-44.
- 41 SMITH, B.G. The effect of the surface roughness of prepared dentin on the retention of castings. **J Prosthet Dent**, v.23, n.2, p.187-98, Feb. 1970.
- 42 STEPHANO, C.B. et al. Adaptação cervical de coroas totais fundidas com diversas ligas metálicas usando troqueis com e sem espaçador. **Rev Odontol USP**, v.3, n.3, p.383-89, jul./set. 1989.
- 43 SYU, J.Z. et al. Influence of finish-line geometry on the fit of crowns. **Int J Prosthodont**, v.6, n.1, p.25-30, 1993.
- 44 TAN, K.; IBBETSON, R. The effect of cement volume on crown seating. **Int J Prosthodont**, v.9, n.5, p.445-52, 1996.
- 45 TJAN, A.H.L.; SARKISSIAN, R. Effect of preparation finish on retention and fit of complete crown. **J Prosthet Dent**, v.56, n.3, p.283-8, Sept. 1986.
- 46 TUNTIPRAWON, M. Effect of tooth surface roughness on marginal seating and retention of complete metal crowns. **J Prosthet Dent**, v.81, n.2, p.142-7, Feb. 1999.
- 47 VAN NORTWICK, W.T.; GETTLEMAN, L. Effect of internal relief, vibration, and venting on the vertical seating of cemented crowns. **J Prosthet Dent**, v.45, n.4, p.395-9, Apr. 1981.
- 48 VERMILYEA, S.G.; KUFFLER, M.J.; HUGET, E.F. The effects of die relief agent on the retention of full coverage castings. **J Prosthet Dent**, v.50, n.2, p.2, Aug. 1983.
- 49 WANG, C.J.; MILLSTEIN, P.L.; NATHANSON, D. Effects of cement, cement space, marginal design, seating aid materials and seating force on crown cementation. **J Prosthet Dent**, v.67, n.6, p.786-90, June 1992.

- 50 WILSON, P.R. Deformation of vented crowns with fluids of differing viscosities. **Aust Dent J**, v.38, n.2, p.97-1, 1993
- 51 WILSON, P.R. Effect of increasing cement space on cementation of artificial crowns. **J Prosthet Dent**, v.71, n.5, p.560-4, June 1994.
- 52 WILSON, P.R. Cementation of vented crowns with low deformation. **Aust Dent J**, v.41, n.1, p.28-32, 1996.
- 53 WILSON, P.R.; GOODKING, R.J.; SAKAGUCHI, R. Deformation of crowns during cementation. **J Prosthet Dent**, v.64, n.5, p.601-9, Nov.1990.

APÊNDICE A - Estudo do incremento de área conseguido com alívios nas cápsulas e sulcos horizontais com 200 μ m de profundidade nas cápsulas e nos troqueis (5° de expulsividade)

Acréscimo de área na cápsula sem sulco (mm²)

Área do troquel	Área: cápsula sem alívio e sem sulco	Área: cápsula com alívio de 30 μ m e sem sulco	Área: cápsula com alívio de 60 μ m e sem sulco
218,72 (mm ²)	218,72 + 1,15 = 219,87 (mm ²) (p/ assentamento)	219,87 + 1,75 = 223,37 (mm ²)	219,87 + 3,5 = 226,87 (mm ²)

Acréscimo de área no troquel, devido ao incremento de sulcos

Área do troquel 218,72 (mm ²)	Área do sulco no troquel (mm ²)	Área perdida na confecção do sulco (mm ²)	Incremento de área conseguido (mm ²)	área total do troquel segundo incremento de sulcos (mm ²)	Incremento percentual de área no troquel
Sulco cervical	13,71	9,83	13,71 - 9,83 = 3,88	218,72 + 3,88 = 222,60	1,77%
Sulco médio	13,24	9,50	13,25 - 9,50 = 3,75	218,72 + 3,75 = 222,47	1,71%
Sulco oclusal	12,78	9,17	12,78 - 9,17 = 3,61	218,72 + 3,61 = 222,33	1,65%

Acréscimo de área na cápsula, devido ao incremento de sulcos

	Área interna do sulco na cápsula (mm ²)	Área perdida na confecção do sulco (mm ²)	Incremento de área (mm ²)
Sulco cervical	14,26	9,83	4,43
Sulco médio	13,79	9,50	4,30
Sulco oclusal	13,32	9,17	4,15

Acréscimo de área na cápsula com 1 sulco (mm²)

Área da cápsula 219,87 mm ²	Acréscimo de área: 1 sulco e sem alívio	Acréscimo de área: 1 sulco e alívio de 30 μ m	Acréscimo de área: 1 sulco e alívio de 60 μ m
	219,87 + 4,43 mm ² = 224,30 mm ² Acréscimo de 2,01%	219,87 + 4,43 + 4,30 = 228,60 mm ² Acréscimo de 3,97%	219,87 + 4,43 + 4,30 + 4,15 = 232,75 mm ² Acréscimo de 5,85%

Acréscimo de área na cápsula com 2 sulcos (mm²)

Área da cápsula 219,87 mm ²	Acréscimo de área: 2 sulcos e sem alívio	Acréscimo de área: 2 sulcos e alívio de 30 μ m	Acréscimo de área: 2 sulcos e alívio de 60 μ m
	219,87 + 3,88 + 3,75 = 228,59 mm ² Acréscimo de 3,96%	223,37 + 3,88 + 3,75 = 232,09 mm ² Acréscimo de 5,55%	226,87 + 3,88 + 3,75 = 235,59 mm ² Acréscimo de 7,14%

Acréscimo de área na cápsula com 3 sulcos (mm²)

Área da cápsula 219,87 mm ²	Acréscimo de área: 3 sulcos e sem alívio	Acréscimo de área: 3 sulcos e alívio de 30 μ m	Acréscimo de área: 3 sulcos e alívio de 60 μ m
	219,87 + 3,88 + 3,75 + 3,61 = 232,74 mm ² Acréscimo de 5,85%	223,37 + 3,88 + 3,75 + 3,61 = 236,24 mm ² Acréscimo de 7,44%	226,87 + 3,88 + 3,75 + 3,61 = 239,74 mm ² Acréscimo de 9,03%

PAVANELLI, C.A. **Study of the tensile strength of capsules cemented on metallic dies, in function of relief and retention for the cement.** 2002. 101f. Tese (Doutorado em Odontologia Restauradora, Área de concentração em Prótese) – Faculdade de Odontologia de São José dos Campos, Universidade Estadual Paulista. São José dos Campos.

ABSTRACT

The objective of this study was to verify tensile strength of metallic capsules and dies, in stainless steel, cemented with zinc phosphate cement, representative of crowns and full crowns preparations. One hundred and forty four dies and respective capsules were made in Lathe CNC (Computer Numeric Control). The dimensions of the dies were: 9mm of diameter in the base (gingival); 8mm of height; cervical line in shoulder with one millimeter of width and 135 degrees of inclination; and tapered of 10 degrees. The capsules were excavated in the interior of other cylinders, with the tapered form, identical and negative in relation to the form of the dies. Forty-eight experimental conditions, in three rejoinders each, were made. The changeable were: internal relief in the capsules; and horizontal sulcus in the capsules and the dies. The relief varied between 2 μ m (in the condition without relief), 30 μ m and 60 μ m (in the conditions with relief). The sulcus varied between no sulcus and three sulcus, as much in the capsules as in the dies, with 200 μ m depth, in equal amounts of specimens for each condition of sulcus. The capsules and dies were cemented. The experimental conditions were not repeated, except in the rejoinders. The specimens were submitted to traction test in universal test machine of Emic (Itaquaquecetuba-SP) in the Department of Materials and Technology of the College of Engineering of Guaratinguetá, UNESP. The data were submitted to statistic analysis for methods ANOVA and Tukey, showing significant difference for the variable relief and sulcus in the capsules, and interacting individually and among then. They had not presented difference statistics for changeable the sulcus in the dies. The tensile strength increased with the relief and the amount of sulcus in the capsules, but it remained in the same level with the sulcus in the dies.

KEYWORDS: *Dental prosthesis, retention, relief, cementation; surface roughness.*

Autorizo a reprodução xerográfica deste trabalho

São José dos Campos, 04 de abril de 2002

Carlos Augusto Pavanelli