

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
ODONTOLÓGICAS**

**EFEITO DA IMERSÃO PERIÓDICA EM SOLUÇÕES
LIMPADORAS NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL,
NA VARIAÇÃO DE MASSA E NA RESISTÊNCIA
FLEXURAL DE LIGAS DE COBALTO-CROMO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Pedro Carlos Cortiana Borsa

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**EFEITO DA IMERSÃO PERIÓDICA EM SOLUÇÕES
LIMPADORAS NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL,
NA VARIAÇÃO DE MASSA E NA RESISTÊNCIA
FLEXURAL DE LIGAS DE COBALTO-CROMO**

Pedro Carlos Cortiana Borsa

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Área de Concentração em Odontologia, ênfase em Prótese Dentária, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências Odontológicas.**

Orientadora: Prof^a. Dra. Liliana Gressler May

Santa Maria, RS, Brasil

2014

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**EFEITO DA IMERSÃO PERIÓDICA EM SOLUÇÕES LIMPADORAS
NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL, NA VARIAÇÃO DE MASSA E
NA RESISTÊNCIA FLEXURAL DE LIGAS DE COBALTO-CROMO**

elaborada por
Pedro Carlos Cortiana Borsa

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Ciências Odontológicas

COMISSÃO EXAMINADORA:

Liliana Gressler May, Dra.

(Presidente/Orientadora)

Anne Buss Becker, Dra. (UNIFRA)

Katia Olmedo Braun, Dra. (UFSM)

Santa Maria, 22 de agosto de 2014.

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha filha

Ana Clara

A mulher mais Forte, mais Persistente e Corajosa que eu já conheci.

AGRADECIMENTOS

à Deus,

*"Pai, agora que não estou mais no tempo de alimentar ilusões,
aguça meus sentidos para que eu perceba a beleza das realizações.*

*Agora que as opções foram feitas e tantas portas se fecharam em definitivo,
dá-me aceitação para que as renúncias não sejam um fardo pesado demais.*

*Agora que a soma dos erros da juventude derrubou-me da onipotência,
não me tires a pretensão de continuar tentando acertar.*

*Agora que tantos desenganos, tantas incompreensões,
repetiram lições de ceticismo,
conserva minha boa fé e minha disponibilidade frente às criaturas.*

*Agora que as forças de meu corpo começam a falhar,
alerta meu espírito; livra-me do comodismo, redobra minha vontade.*

*Agora que já aprendi a precariedade de todas as coisas,
as limitações de todas as lutas,
as proporções de nossa pequenez,
afasta-me do desânimo.*

*Agora que perdi a abençoada cegueira da juventude
e só posso amar de olhos abertos,
redobra minha compreensão,
ajuda-me a superar as mágoas,
protege-me da amargura.*

*Pai, agora que já alcancei o ponto de perspectiva
que me dá a exata visão do pouco que sei,
desvia-me da defesa fácil de colocar viseiras
e ajuda-me a envelhecer com a abertura dos corajosos,
dos que suportam revisões até a hora da morte.*

*Agora que aumenta o círculo das criaturas que me olham e esperam alguma coisa de mim,
dá-me um pouco de sabedoria, ensina-me a palavra certa, inspira-me o gesto exato,
nordeia minha atitude.*

*Deus, Pai,
concede-me a graça de não cair na desilusão,
de não chorar o passado,
de continuar disponível,
de não perder o ânimo,
de envelhecer jovem,*

e de chegar à morte pleno de reservas de "AMOR".

Aos meus Pais, João Darsoni e Karla Borsa, por terem me tornado a pessoa que eu, hoje, sou. Amo Vocês.

A Gilcélia "Neneca" Borsa, pelo apoio, pelo companheirismo, pela presença constante e incansável, pelo cuidado e carinho... e principalmente por ser exatamente quem és: mulher forte, batalhadora, exemplo de fé e luta, minha Amada Esposa, Mãe da nossa filha e o pilar mais forte de nossa tríade. Te Amo do fundo do meu coração. Obrigado por Tudo.

À Família Barros, minha outra família, muito mais do que de sangue, de coração. Dilermando, Clara, Mariana, Laura e Anahy.

À minha psicoterapeuta, Mariana Duarte, pela conduta exemplar e amor na arte de cuidar e amparar seus pacientes, por apontar e recuperar valores por hora esquecidos.

Aos amigos e colegas que me incentivaram: Sara Oliveira, Marco Menezes, Jamal Assaf & Luciana Zanatta, Alan Negretto & Carla Uggeri, Jorge Pereira & Jenniffer Alves, Rodrigo Farcilli, Aline Otani, Carolina Mozzaquatro...

Ao meu grande amigo, meu Mestre na arte da Prótese, Prof. Dr. Henrique Hollweg, pelos ensinamentos, pela palavra certa, a repreensão e o elogio; precisos, como a conduta que desempenha na nobre profissão e missão de ensinar.

À Jéssica Dalcin da Silva, secretária do PPGCO, pela dedicação, competência e caráter. Muito mais que desempenhar sua função, que faz por excelência, é uma amiga e conselheira.

Aos Professores Tiago Ardenghi, Beatriz Unfer, Carlos Heitor Moreira, Karla Kantorski, Rachel Rocha, Fábio Zovico, Letícia Jacques, Osvaldo Kaizer, Cristiane Danesi, Vilmar Ferrazzo e Renésio Gress, pela dedicação e exemplo de atuação.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, na pessoa do Prof. Luiz Felipe Valandro.

À Sara Fraga, pela inestimável ajuda na condução deste trabalho, nos demorados testes laboratoriais, pela atenção e seriedade na condução destes, sem nunca perder o bom humor e a doçura. Tua presença foi essencial, obrigado.

À Prof^a. Katia Braun, pelo exemplo de conduta docente, pela Ética e Mestria, a principal responsável pela escolha desse tema e caminho de pesquisa, difícil, mas realmente, muito instigante. Muito Obrigado pela confiança e apoio.

Finalmente, a minha Orientadora: Liliana Gressler May, cuja Mestria e Grandeza permitiram que eu chegasse até aqui. Sei que foi um árduo trabalho e peço desculpas se não consegui desempenhar meu papel tão bem como gostaria. Mas quero que percebas que se alguém me estendeu a mão e não me deixou desistir, esse alguém foi tu. Teu altruísmo e amor pelo ensinar, pela odontologia, a forma como foi atrás de teus sonhos, tua coragem, se refletem em teus orientados e os instiga a ir sempre além. Te guardarei para sempre no coração como pessoa e como exemplo. Muito Obrigado.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas
Universidade Federal de Santa Maria

EFEITO DA IMERSÃO PERIÓDICA EM SOLUÇÕES LIMPADORAS NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL, PORCENTAGEM DE VARIAÇÃO DE MASSA E RESISTÊNCIA FLEXURAL DE LIGAS DE COBALTO-CROMO

AUTOR: PEDRO CARLOS CORTIANA BORSA

ORIENTADORA: LILIANA GRESSLER MAY

Data e Local da Defesa: Santa Maria, 22 de agosto de 2014.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a rugosidade superficial, o percentual de variação de massa, a resistência flexural e o módulo de elasticidade de duas ligas de Cobalto-Cromo após submetidas à imersões em quatro soluções limpadoras e água (controle). Foram utilizadas as ligas Co-Cr® – DeguDent (Dentsply-DeguDent Industria e Comércio, São Paulo, Brasil) e Remanium® GM 800+ (Dentaurum GmbH & Co KG, Ispringen, Alemanha). De cada liga fundiu-se cinquenta corpos de prova, 50 cilíndricos (10 x 1 mm) para a análise da rugosidade, 50 quadrangulares (10 x 10 x 1 mm) para avaliação da variação de massa e em formato retangular (25 x 2,5 x 0,75 mm) para o teste flexão 3 pontos. O polimento se deu por seqüência de lixas (#400 a 2500) e pasta diamantada (3µm). A distribuição aleatória foi em 5 grupos, conforme os agentes de limpeza: vinagre branco puro, ácido peracético 0,2% , perborato de sódio (Corega Tabs®), hipoclorito de sódio 0,37% e o controle: água destilada. Foram realizadas avaliações da rugosidade superficial (Parâmetro Ra) através de rugosímetro (Mitutoyo SJ 410, Mitutoyo Corp, Kanagawa, Japan) antes e após 5, 20 e 90 ciclos de imersão de 10 minutos. As alterações de Ra (ΔRa_5 , ΔRa_{20} e ΔRa_{90}) foram calculadas entre os diferentes interrupções. Análise complementar da superfície foi realizada em imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (JSM – 6360 SEM, JEOL Ltd., Tokyo, Japan). A pesagens dos corpos de prova para cálculo da variação de massa se deu após 5 e 90 imersões, utilizando-se de balança eletrônica analítica com sensibilidade de 0,0001 g (FA 2004, Coleman E. P. L. Com. e Imp. Ltda. Santo André, São Paulo). Os ensaios de flexão a 3 pontos para determinação da resistência flexural (σ_F) e do módulo de elasticidade foram realizados após 90 imersões. Os dados obtidos foram analisados quanto a normalidade e testes de comparação entre médias foram aplicados conforme o tipo de distribuição. As duas ligas, imersas nas soluções vinagre puro, ácido peracético, corega tabs® apresentaram comportamento semelhante em relação as alterações de rugosidade superficial (Ra), quando comparadas ao controle, após 90 imersões (ΔRa entre -0,012 e 0,022 µm). Aumento da rugosidade significativo ocorreu na solução de hipoclorito (ΔRa_{90} = 0,064 µm (CoCr®) e 0,592 µm (GM 800+). O número de imersões influenciou na variação de rugosidade, apenas para a solução de hipoclorito, sendo que as maiores variações ocorreram na liga GM 800+. Após 90 imersões a liga GM 800+ demonstrou perda de massa na solução de hipoclorito (-0,3%). Ocorrendo para essa liga aumento da resistência flexural (σ_F = 1516 MPa em hipoclorito; 1366 MPa no controle) após 90 imersões, sem modificação de seu módulo de elasticidade. A liga CoCr® não apresentou diferenças na σ_F ou no módulo de elasticidade nas diferentes soluções. A única solução que causou dano à superfície das ligas foi o hipoclorito de sódio 0,37%.

Palavras chave: LIGAS METÁLICAS; Co-Cr; RUGOSIDADE SUPERFICIAL; VARIAÇÃO DE MASSA; RESISTÊNCIA FLEXURAL; HIPOCLORITO DE SÓDIO; VINAGRE; PERBORATO DE SÓDIO; ÁCIDO PERACÉTICO.

ABSTRACT

Master Course Dissertation
Dental Science Post Graduation Program
Federal University of Santa Maria

Co-Cr ALLOY IMMERSION IN CLEANING SOLUTIONS: EFFECTS ON FLEXURAL STRENGTH, SURFACE ROUGHNESS AND PERCENTUAL OF VARIATION OF MASS

AUTHOR: PEDRO CARLOS CORTIANA BORSA

ADVISER: LILIANA GRESSLER MAY

Defense Place and Date: Santa Maria, August, 22, 2014.

The aim of this study was to evaluate the flexural strength, elastic modulus, mass changes and surface roughness of two cobalt-chromium alloys, before and after immersions in four cleaning solutions and distilled water (as control). Co-Cr alloys (Co-Cr®, Dentsply-DeguDent Industria e Comércio, São Paulo, Brasil; and GM 800+®, Dentaurum GmbH & Co KG, Ispringen, Alemanha) were investigated. Fifty bar specimens (25 x 3 x 0,5 mm) for the flexural test, 50 quadrangular specimens (10 x 10 x 1 mm) for mass changes evaluation and 35 cylindrical specimens (10 x 1 mm) for surface roughness measurements were obtained by casting. They were polished by abrasive paper (#240 to #2500) and diamond polishing paste (3µm). Specimens were randomly divided into 5 groups according the following cleaning, solutions: pure white vinegar, 0.2% peracetic acid, *sodium perborate* - Corega Tabs®, 0.37% sodium hypochlorite and the control, distilled water. Surface roughness (Ra parameter) was analyzed using a profilometer (Mitutoyo SJ 410, Mitutoyo Corp, Kanagawa, Japan) before and after 5, 20 e 90 immersions (10 min each). Ra changes (ΔRa_5 , ΔRa_{20} e ΔRa_{90}) were calculated for the different intervals. Qualitative surface analyses were performed by Scanning Electron Microscope (JSM – 6360 SEM, JEOL). Both alloys, immersed in pure white vinegar, 0.2% peracetic acid, *sodium perborate* - Corega Tabs®, 0.37% sodium hypochlorite had similar roughness changes after 90 immersions (ΔRa from -0,012 to 0,022 µm). There was a significant surface roughening in hypochlorite ($\Delta Ra_{90} = 0,064$ µm for CoCr®; and $\Delta Ra_{90} = 0,592$ µm for GM 800+). The number of immersions influenced on the roughness changes only in hypochlorite and there were greater changes in the GM 800+ alloy. After 90 immersions, GM 800+ alloy showed mass lost in the hypochlorite solution (-0,3%). This alloy presented higher flexural strength after 90 immersions in SH ($\sigma F = 1516$ MPa in hypochlorite; 1366 MPa in control). However, there were no elastic modulus changes. CoCr® alloy did not present differences in the σF or in elastic modulus in any solution. The only solution that damaged the alloy surface was 0.37% sodium hypochlorite.

Key-Words: COBALT-CHROMIUM ALLOY; FLEXURAL STRENGTH; MODULUS OF ELASTICITY; MASS CHANGES; SURFACE ROUGHNESS; VINEGAR; PERACETIC ACID; SODIUM PERBORAT; HYPOCHLORITE.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

ARTIGO

Figura 1 -	MEV LIGA 1.....	37
Figura 2 -	MEV LIGA 2.....	38

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1 - Composição dos agentes de limpeza.....	29
Quadro 2 - Soluções a serem utilizadas no estudo.....	31

ARTIGO

Tabela 1 - Médias e desvios-padrão da rugosidade em Ra (μm) das ligas comparando sua manutenção na mesma solução de limpeza nos diferentes intervalos de imersões.....	35
Tabela 2 - Médias e desvios-padrão do valor da variação da rugosidade superficial ΔRa (μm) para as diferentes soluções agentes de limpeza, liga e intervalos de imersão (depois de 5, 20 e 90 imersões).....	35
Tabela 3 - Médias e desvios-padrão da variação de rugosidade (ΔRa) das ligas comparando sua manutenção na mesma solução de limpeza.	36
Tabela 4 - Médias e desvios-padrão da variação percentual da massa ($\Delta\%M$) após 5 e 90 imersões das ligas nas diferentes soluções de limpeza.....	38
Tabela 5 - Médias e desvios-padrão da resistência Flexural (MPa) e Módulo de Elasticidade (GPa) das ligas após 90 imersões nas soluções limpadoras.....	39

LISTA DE ANEXOS

Anexo A - Normas para publicação no periódico Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.....	54
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Métodos de higienização: histórico, classificação e cuidados para a limpeza de Próteses Removíveis (Totais ou Parciais)	16
2.2 Composição das Ligas e Resistência à Corrosão	20
2.3 Efeito dos higienizadores de próteses sobre as propriedades físicas e mecânicas das ligas Co-Cr: modificações na rugosidade superficial, perda de massa e resistência à fratura	22
3 ARTIGO - EFEITO DA IMERSÃO PERIÓDICA EM SOLUÇÕES LIMPADORAS NA RESISTÊNCIA FLEXURAL, NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL E NA VARIAÇÃO DE MASSA EM DUAS LIGAS DE Co-Cr	25
Resumo	27
Introdução	28
Materiais e métodos	29
Resultados	35
Discussão	40
Conclusões	43
Resumo Gráfico e Destaques	44
Agradecimentos	45
Referências	46
4 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS	49
ANEXOS	54
Anexo A - Normas para a publicação no periódico Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials	54

1 INTRODUÇÃO

Diante da multifatorialidade das doenças da mucosa oral, como idade, baixo pH salivar, consumo de açúcar, perda de dimensão vertical, perda de estabilidade e desajuste do aparelho protético, a presença de microorganismos como a *Candida sp.*, na mucosa e próteses, encontra-se como um dos fatores mais significantes (MARTORI, 2014). Além disso, inadequada higienização dos aparelhos protéticos favorece o incremento da adesão do biofilme bacteriano (BUDTZ-JØRGENSEN et al., 1975; WOSTMANN et al., 2005). Desta forma, a colonização do aparelho protético mantém a mucosa em um ciclo de constante re-infecção, sendo que é clara a correlação entre deficiência de limpeza e a presença de lesões (GENDREU, 2011). Para a redução do risco de desenvolvimento das estomatites por uso de dentaduras é, de fundamental importância, a confecção de próteses de boa qualidade, instruções claras de manutenção e higiene aos usuários, e o comprometimento destes (SHARON, 2010).

O papel da odontologia como mantenedora da saúde, tende a crescer e ganhar complexidade, principalmente em pacientes na terceira idade (MARCHINI et al., 2004). Pacientes institucionalizados, hospitalizados e principalmente idosos que apresentam redução da acuidade visual e coordenação motora, tornam-se incapacitados, temporária ou definitivamente, de executar uma adequada higienização de suas próteses com métodos mecânicos. Sendo assim, a imersão da prótese em limpadores químicos é uma real indicação (BUDTZ-JØRGENSEN et al., 1975).

Próteses parciais removíveis e próteses totais removíveis sobre implantes, na sua maioria, têm sua infra-estrutura confeccionada com ligas metálicas. A liga mais utilizada para construção destes aparelhos é a de cobalto-cromo (CRAIG, 2004), por suprir fatores essenciais, como resistência à corrosão, propriedades mecânicas, custo e vasta disponibilidade comercial (UPADHYAY, 2006). É uma liga que se caracteriza por apresentar a formação de uma camada de óxidos apassivadores na superfície, a qual governa a interação da liga com o meio externo e é responsável, em particular, pela biocompatibilidade do Co-Cr. Sendo uma contribuição específica

do cromo (ANUSAVICE, 2005), essa camada apresenta uma velocidade de formação medida em frações de segundo (ZIMMERMANN e CIACCHI, 2010).

Qual ou quais agentes teriam uma ação de limpeza mais adequada sobre as infra-estruturas metálicas é uma pergunta ainda não totalmente respondida, pois a literatura demonstra não haver um que supra totalmente as necessidades. No entanto, técnicas e materiais que não apresentem eficácia ou que promovam efeitos deletérios às próteses devem ser conhecidos e evitados.

A cautela na indicação de agentes de limpeza, para ligas de cobalto-cromo, norteia a preconização de alguns autores. Frente a soluções a base de hipocloritos alcalinos, por exemplo, que apresentam excelente ação de limpeza bacteriana e antifúngica (RUDD, 1984; CHAU, 1995; FERNANDES, 2011, ROSSATTO et al., 2011), sinais de corrosão, manchamento e até mesmo perda de propriedades podem ocorrer (KASTNER et al., 1983; KEYF e GÜNGÖR, 2003). Em contra-ponto, McGowan et al. (1988) verificou que o hipoclorito de sódio à 5,25% não causou alterações como manchamentos ou qualquer tipo de corrosão numa liga a base Co-Cr mesmo após 24 horas de imersão. A dúvida quanto a estes danos terem conseqüências mais profundas, comprometendo não só a superfície da infra-estrutura como também modificando suas propriedades, a ponto de tornar impeditivo sua indicação persiste. Da mesma forma, sobre que agentes limpadores poderiam ser utilizados para aparelhos protéticos construídos nessa liga.

Dentre outros agentes, tem se destacado na utilização para limpeza de próteses totais e removíveis, o ácido peracético, o qual apresenta-se efetivo na descontaminação de resinas acrílicas em profundidade, além de proporcionar maior segurança durante a execução da higienização, por ser biodegradável (CHASSOT, POISL, SAMUEL 2008). Particularmente este ácido, numa concentração de 0,2% têm a mesma ação do hipoclorito de sódio à 1%, eliminando patógenos causadores de infecção hospitalar encontrados na cavidade bucal (SVIDZINSKI et al., 2007). Ainda, é indicado como limpador/esterilizador de superfícies e materiais, apresentando a vantagem de não produzir subprodutos tóxicos e permanecer ativo mesmo na presença de material orgânico, (BSG-GUT, 1998; RUTALA et al., 1998)

Produtos caseiros, como o vinagre, uma opção de baixo custo e de fácil aquisição pelo usuário, mostraram redução significativa do número de bactérias colonizantes de superfície (SHAY, 2000), sendo referendado na literatura como uma

alternativa para limpeza de próteses removíveis (BUDTZ-JØRGENSEN, 1979; PINTO et al, 2008; ROESSLER, 2003).

Em outro âmbito, encontram-se os limpadores comerciais efervescentes a base de perborato de sódio (CoregaTabs®), cuja eficiência na higienização está descrita na literatura e parecem não possuir contra indicações para aparelhos protéticos que apresentem componentes metálicos na sua infraestrutura (KULAK-OZKAN, 1997; CATÃO et al, 2007; FERNANDES, 2011).

Além das agressões que os aparelhos protéticos possam receber do meio externo, eles estão ainda sujeitos a receber esforços cíclicos de flexão, torção e cisalhamento na cavidade oral, seja com o uso continuado ou intermitente. Dessa forma, dados obtidos a partir de ensaios mais próximos de uma situação *in vivo* poderiam fornecer informações valiosas (CARDOSO, 2007).

Anusavice et al. (1985) salienta que a força mais atuante neste meio é a de flexão, sendo este o principal esforço acometido, num aparelho protético odontológico, durante seu uso clínico. Tendo em vista esta informação, ensaios mecânicos de resistência flexural deveriam ser apresentados como a primeira escolha. Esses, conseqüentemente, auxiliando a apropriação teórica e garantindo maior contribuição científica na odontologia, refletindo, dessa forma, na qualidade de vida do paciente usuário de próteses odontológicas (CARDOSO, 2007).

Diante do exposto, este trabalho se propõe a analisar a influência de imersões em agentes de limpeza comerciais, manipulados e caseiros, na rugosidade superficial, na percentagem de variação de massa, na resistência flexural e no módulo de elasticidade de duas ligas à base de cobalto-cromo (Co-Cr) utilizadas para confecção de próteses parciais removíveis e infra-estruturas protéticas sobre implantes.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Métodos de higienização: histórico, classificação e cuidados para a limpeza de Próteses Removíveis (Totais ou Parciais).

Sexson (1951), já mostrava preocupação com a forma com que os pacientes faziam a higienização de suas dentaduras. Além de quais substâncias eram utilizadas, avaliou os efeitos abrasivos destas, sobre as resinas acrílicas. Assim, usando uma metodologia que comparava a perda de massa dos corpos de prova e mudanças na superfície após polimento, avaliadas por um reflectômetro e microscopia, concluiu que somente a imersão em produtos de limpeza caseiros não causavam efeitos deletérios aos corpos de prova.

Langwell (1955) classificou os limpadores em ácidos cítricos diluídos, hipocloritos alcalinos e peróxidos alcalinos. Deixou de fora pós abrasivos por julgá-los prejudiciais à adaptação dos aparelhos protéticos. Sobre os hipocloritos alcalinos, os mais fáceis de serem encontrados e usados pela população em geral, afirmou que eram seguros e eficientes para limpeza de próteses que não possuísem metais na sua confecção. A ação de limpeza dos hipocloritos se dá pela degradação da mucina e outros albuminóides, tornando-os solúveis, dessa forma fazendo com que o fosfato de cálcio, componente de maior quantidade no cálculo bacteriano, torne-se não aderente, podendo ser escovado e limpo das dentaduras. O peróxido alcalino, com ação um pouco diferente, ao ser misturado em água transforma-se em solução alcalina de peróxido de hidrogênio. Em contato com algumas substâncias, decompõe-se em oxigênio formando micro-bolhas que exercem uma ação de limpeza mecânica.

Anthony e Gibbons (1958) chamaram atenção para os limpadores caseiros como o vinagre, para imersão, associado à escovação manual. Apontou, que na maioria dos limpadores comerciais, era comum o perborato de sódio, que ao ser combinado com uma substância alcalina e diluído em água, formava uma solução alcalina de peróxido de hidrogênio que em contato com a mucina e debris alimentares produzia pequenas bolhas com ação mecânica de limpeza nas próteses. Mesmo assim, eram relativamente incapazes de remover manchas e depósitos de

cálculos, usando-se então as soluções de hipocloritos, que deveriam ser evitadas em próteses com componentes metálicos.

Wagner (1971), elaborou um artigo que instruía para o correto uso e cuidados das próteses parciais removíveis e higiene dos elementos dentários remanescentes. Aconselhou que se deveria remover a prótese depois de cada refeição e que a mesma fosse limpa com uma escova e uma pasta não abrasiva, um limpador comercial ou uma fórmula preparada. Que a imersão noturna ocasional em solução caseira de vinagre auxiliaria a remoção de manchas e cálculos.

Budtz-Jorgensen (1979) separou as formas de limpeza de dentaduras em forma mecânica e forma química. Classificou as soluções de limpeza em hipocloritos, peróxidos alcalinos, ácidos, desinfetantes e enzimas. Para os agentes de desinfecção citou a imersão das próteses em soluções como clorexidina a 0,2% e salicilato de sódio a 0,05%. Sobre limpadores contendo enzimas, não reportou contra-indicações e indicou que as imersões por 8 horas eram mais efetivas. Concluiu que a associação dos meios mecânicos e químicos seriam mais interessantes para se alcançar a correta higienização, uma vez que há pacientes muito idosos ou com comprometimento de sua motricidade; que ácidos, como o ácido acético podem ser usados para dissolução de cálculos em imersões de 8 horas, uma vez por semana; que soluções contendo hipocloritos são efetivas mas devem ser evitadas em próteses que contenham partes metálicas, pois causam danos ao cobalto-cromo e aço inox; e que o acabamento e polimento de suas partes minimiza a adesão de sujidades.

Em 1985, o *ADA Concil on Dental Therapeutics* e o *Concil on Prosthetic Services and Dental Laboratory Relations*¹⁵ recomendaram a diluição de 1 parte de alvejante (5,25%) para 10 partes de água para aparelhos protéticos que vão à boca, por um tempo de imersão de 10 a 30 minutos. Alertaram que as soluções de hipoclorito são instáveis, devendo ser preparadas diariamente e que podem ser perigosas para os olhos e pele, além de descolorir roupas e ter um forte e desagradável odor. É citado, como maior contra-indicação deste desinfetante, a sua alta corrosividade aos metais.

Jagger e Harrison (1995) dividiram os meios de limpeza em mecânicos e químicos, incluindo entre os primeiros a escovação com pastas e o uso de aparelhos de ultra-som. Os meios químicos foram divididos em cinco categorias: peróxidos alcalinos, hipocloritos alcalinos, ácidos, desinfetantes e limpadores enzimáticos. O

meio de higienização mais utilizado foi o meio químico, com o agente peróxido alcalino. O meio mecânico também foi considerado muito popular. Os autores recomendaram para as próteses com partes em ligas metálicas fossem limpas por imersão em peróxidos contendo enzimas.

Webb et al. (1995) realizou uma revisão da literatura apontando o hipoclorito de sódio como limpador que poderia causar um real efeito no potencial patológico da *Candida sp.*, exatamente pelo potencial do limpador em diminuir a quantidade destas leveduras das superfícies das próteses totais, afetando inclusive sua adesão. A sugestão do hipoclorito de sódio, como agente antifúngico, é uma indicação clara dos autores.

Kulak et al. (1997) avaliaram os efeitos da escovação e das soluções para imersão, à base de hipoclorito, clorexidina e limpadores comerciais à base de perborato, e concluíram que a redução da placa promovida pelos agentes químicos foi significativamente maior quando comparada à escovação isolada (controle). Indicaram uma complementação por método químico de imersão, para a total remoção dos microrganismos.

Nikawa et al. (1999) classificaram os limpadores químicos comerciais de acordo com seus componentes de limpeza e modo de ação. Essa classificação abrangeu hipocloritos, peróxidos neutros adicionados de enzimas, peróxidos, limpadores enzimáticos, ácidos, drogas cruas (drogas de origem animal ou vegetal em forma pura) e enxaguatórios bucais específicos para usuários de dentaduras. Os autores concordaram que nos cuidados caseiros, a escovação isolada seria insuficiente para o controle do biofilme, sendo necessária a associação de higienizadores químicos.

Marchini et al. (2004) num estudo que procurou avaliar os hábitos de higiene e costumes de uma amostra populacional de 236 usuários de dentaduras, verificou que as próteses eram limpas 3 vezes ao dia. Destes usuários, 98,7% limpavam suas dentaduras com auxílio de uma escova. A associação com pasta dentária foi de 79,7%. Outras combinações como sabões e sabonetes, bicarbonato de sódio e hipoclorito de sódio foram reportadas em menos de 5% cada uma. Produtos químicos para imersão tinham um uso menos freqüente, apenas 27,1% faziam o uso da associação deste recurso. Desses produtos, o mais utilizado foi a mistura de água e hipoclorito de sódio (54,7%) seguido pela mistura de bicarbonato de sódio (12,5%). Outras associações foram relatadas em menos de 8% cada uma. Essa

amostra de população fazia quase somente o uso de limpeza mecânica por escovação, não freqüentavam clínicas odontológicas e tiveram uma pobre ou nenhuma instrução a respeito de higiene oral.

Chassot et al. (2006) em seu estudo avaliou a eficácia do ácido peracético na descontaminação de resinas acrílicas. O ácido peracético têm sido usado na indústria alimentícia e no tratamento de águas e esgotos, além de ser usado na descontaminação e esterilização de equipamentos médicos termo-sensíveis. Ao contrário da maioria dos desinfetantes ele não é inativado na presença de material orgânico. A principal vantagem do ácido peracético, é que ele não produz subprodutos tóxicos ou perigosos. Espécimes de resina foram obtidos e usados em boca por voluntários; após, foram imersas no ácido, lavados em água destilada e submetidos a cultura microbiológica. Não houve crescimento bacteriano apontado pela técnica de turvação. Os autores concluíram que a imersão em ácido peracético a 0,2% promove a desinfecção em alto nível da resina contaminada.

Svidzinski et al. (2007) avaliaram a eficácia do ácido peracético contra um importante patógeno causador de infecção hospitalar, o *Staphylococcus aureus metacilina-resistente* (MRSA). Para avaliação e comparação do ácido peracético 0,1%, foi utilizado o hipoclorito de sódio a 1%. Os resultados mostraram que ambos os agentes antimicrobianos obtiveram resultados equivalentes no tempo de 5 minutos de exposição, inativando em 100% o crescimento bacteriano.

Souza et al. (2010) realizaram uma revisão sistemática sobre intervenções para a limpeza de dentaduras, cujo objetivo era avaliar a efetividade e segurança dos diferentes métodos para a limpeza de dentaduras removíveis. A estratégia de procura revelou 747 achados. Considerando o critério de inclusão “ensaios clínicos randomizados”, selecionaram 27 estudos desta primeira pesquisa e outros seis foram acrescentados após sua leitura integral. Foram encontrados: um estudo comparando limpadores enzimáticos *versus* placebo; um estudo para limpadores enzimáticos *versus* escovação; um estudo sobre limpadores contendo silicone; dois estudos comparando escovação ou tabletes efervescentes *versus* nenhum tratamento; e dois estudos para comparação entre escovação *versus* tabletes efervescentes. Apenas um estudo foi encontrado para a comparação entre a associação escovação e tabletes efervescentes *versus* nenhum tratamento, escovação isolada ou soluções de tabletes efervescentes isoladas. As conclusões

dos autores foram que não há evidências sobre qual o método de higienização de dentaduras é mais efetivo e que mais estudos de qualidade devem ser realizados.

Rossato et al. (2011) testaram a efetividade de remoção da placa bacteriana em seis processos de limpeza utilizados por usuários de próteses removíveis, num estudo prospectivo cruzado com duplo cegamento. Voluntários utilizaram um dispositivo intra-oral por 24hs sem qualquer tipo de limpeza. Entre cada procedimento de limpeza, os dispositivos eram imersos em sucrose à 20%, a fim de aumentar o crescimento bacteriano. Os processos de limpeza consistiam em enxágue em água corrente por 20 segundos, limpeza por perborato de sódio (Corega Tabs®) por 5 minutos e por 30 minutos, escovação com água e detergente por 40 segundos, imersão em hipoclorito de sódio 0,5% por 10 minutos e imersão em solução caseira de hipoclorito de sódio 0,45% pelo mesmo tempo. Os autores concluíram que a solução de hipoclorito de sódio 0,5%, seguida pela solução caseira à 0,45% foram as que demonstraram melhor remoção da placa bacteriana; que a escovação com detergente e água foi superior ao tablete efervescente; que o uso desse tablete por 30 minutos demonstrou maior eficácia do que os 5 minutos apregoados pelo fabricante; e que o enxágue em água corrente não é suficiente para a limpeza e remoção do biofilme.

2.2 Composição das ligas Co-Cr e resistência à corrosão

Asgar e Allan (1968) estudando a microestrutura e propriedades físicas das ligas para dentaduras removíveis, observaram que para a liga de Co-Cr (composição básica de 60% de cobalto e 25% de cromo), quanto maior a quantidade de carbonização, menor a ductibilidade da liga. Enfatizaram que muitas vezes as propriedades encontradas não eram as mesmas fornecidas pelos fabricantes ou outras fontes.

Espevik (1978) teve como propósito investigar a resistência à corrosão usando a técnica de dissolução simples, medindo as concentrações de íons Ni, Co e Cr, depois de submergir as ligas em saliva artificial, também analisando a topografia de superfície dos corpos de prova. No estudo ele utilizou sete ligas odontológicas, três delas à base de níquel-cromo, três à base de cobalto-cromo e uma de níquel puro, como controle. Nos resultados demonstrou-se que em relação à topografia de

superfície, o ataque começava a ser mais severo à medida que diminuía a concentração de cromo da liga e aumentava a de níquel. Além disso, a corrosão não era uniforme, em áreas mais corroídas a quantidade de níquel era maior. Nas ligas de Co-Cr, a perda de íons não foi significativa. A resistência à corrosão das ligas utilizadas foi dependente da quantidade de cromo existente.

Upadhyay et al (2006) fizeram uma revisão sobre a corrosão nas ligas usadas em odontologia. Destacaram que a atenção para a seleção de um material depende de um número de fatores como comportamento de corrosão, propriedades mecânicas, custo, disponibilidade, possibilidades estéticas e biocompatibilidade. Dentre estes fatores, o comportamento à corrosão é o principal, porque a biocompatibilidade e a toxicidade dependem deste processo. Para melhor entender os efeitos da corrosão é essencial a compreensão de quais os metais são comumente usados, sua composição e o meio em que irão desempenhar a função. Definiu corrosão como a destruição ou deterioração de um material devido à sua reação com o meio. Dessa forma, o meio oral se mostra como um processo químico e eletroquímico através do qual o metal é atacado por agentes naturais, como o ar e a água, resultando em dissolução parcial ou completa, em deterioração ou enfraquecimento de qualquer substância sólida. A corrosão se dá por onze formas: uniforme, galvânica, por frestas, intergranular, por “pites” (puntiforme), descamação de liga (seletiva), corrosão por erosão, empolamento pelo hidrogênio, corrosão pelo estresse, corrosão por fadiga e fissuramento pelo hidrogênio.

Morais, Guimarães e Elias (2007) estudaram a liberação de íons por biomateriais metálicos. Esses, apresentam algum tipo de interação com o ambiente, o que pode fazer com que haja seu comprometimento devido à deterioração de propriedades mecânicas, físicas ou comprometimento superficial. Um desses processos é a corrosão, classificada de acordo com a forma que ela se manifesta: uniforme, galvânica, em frestas, por pites, intergranular, por lixívia seletiva, erosão-corrosão e corrosão sob tensão.

Zimmermann e Ciacchi (2008) em seu trabalho, simularam a oxidação superficial da liga de Co-Cr. A oxidação da liga em contato com o ar é caracterizada pela formação espontânea duma fina camada de óxidos que protegem a superfície. Essa camada de óxidos governa a interação da liga com o meio externo e é responsável, em particular, pela biocompatibilidade do Co-Cr. No estudo, para um dos arranjos atômicos simulados (72 átomos dispostos em seis camadas, com 3

átomos de Cr na camada superficial), o tempo necessário para a adsorção de quatro átomos de oxigênio foi em torno de 1,24 picosegundos. Ao se terem 6 átomos de oxigênio, a energia liberada para o meio permite que um átomo de Co seja removido do retículo e imediatamente se combine com o oxigênio, desta forma finalizando a formação da camada apassivadora de óxidos na superfície da liga de Co-Cr.

2.3 Efeito dos higienizadores de próteses sobre as propriedades físicas e mecânicas das ligas Co-Cr: modificações superficiais, perda de massa e resistência à fratura

Backenstose e Wells (1977) avaliaram três materiais metálicos usados na confecção de PPRs ou próteses totais (uma liga de níquel-cromo, uma liga de alumínio e fio de aço ortodôntico), frente à imersões em misturas caseiras à base de hipoclorito, produtos comerciais, vinagre, água destilada e água da torneira. O controle permaneceu à seco. Os corpos de prova eram imersos nas soluções por 8 horas por 240 horas totais. Modificações em forma de depósitos negros apareceram, já nas primeiras 8 horas, na liga de níquel-cromo imersa em solução à base de hipoclorito, tornando-se gradativamente piores com o transcorrer do experimento. Os autores concluíram que alvejantes comerciais e soluções de hipoclorito não devem ser utilizadas em aparelhos protéticos com componentes metálicos.

Kastener et al. (1983) realizou um estudo sobre os efeitos dos limpadores químicos sobre a flexibilidade dos grampos de PPR, confeccionados com as ligas Ticonium® (níquel-cromo) e Vitallium® (cobalto-cromo). Os corpos de prova foram concebidos de modo com que a secção cruzada e comprimento fossem à semelhança dos braços de retenção de grampos de PPR. Os higienizadores utilizados foram: Polident® (monosulfato de potássio, carbonato de sódio, bicarbonato de sódio e ácido cítrico), Kleenite® (cloreto de sódio, fosfato trisódico, perborato de sódio, dicloroisocianureto de sódio), Mersene® (perborato de sódio, fosfato trisódico e troclosene de potássio), D.O.C® (fosfato trisódico) e a mistura de Clorox® (uma marca à base de hipoclorito) com Calgon® (um descalcificante à base de policarboxilatos). Os espécimes foram imersos por 8 horas três vezes ao dia e os testes de flexão foram executados randomicamente após 40, 59, 78 até 970 horas de imersão. A mistura Clorox® e Calgon® mudou significativamente a flexibilidade dos grampos das próteses parciais removíveis e os efeitos ocorreram mais

rapidamente para a liga de Co-Cr do que para a de Ni-Cr. Os outros higienizadores não tiveram efeito significativo na flexibilidade dos grampos.

McGowan, Shimoda e Woolsey (1988) estudaram o efeito que as ligas Ticoniun® (Ni-Cr) e Vitaliun® (Co-Cr) sofriam em diferentes meios de concentrações de hipoclorito de sódio (0,5%, 1%, 2%, 3%, 4%, e 5,25%), procurando o tempo ideal de imersão (1, 3, 5, 10, 15, 30 min e 24 horas). Verificaram a capacidade de remoção de culturas bacterianas, pela ação das várias concentrações e distintos tempos de exposição das soluções. Ao avaliarem as superfícies com microscópio eletrônico de varredura, verificaram que imersões na concentração de 2% por cinco minutos e na de 5,25% por três minutos, não causaram manchamento ou qualquer corrosão, principalmente na liga de Co-Cr, que mesmo após 24 horas de imersão em solução de hipoclorito a 5,25% permaneceu inalterada.

Keyf e Güngör (2003) compararam os efeitos de soluções caseiras à base de hipoclorito de sódio e de perborato de sódio - obtida pela dissolução de tablete efervescente (Corega-Tabs®), na reflectância de superfície de uma liga metálica para prótese parcial removível. Corpos de prova em Co-Cr foram imersos nas duas diferentes soluções e em água por 30 minutos de imersão diária por 30 dias. Após, cada espécime foi analisado de acordo com a reflectância, modificações da superfície e peso. As conclusões do estudo foram que as soluções de limpeza têm influência na superfície do Co-Cr; que o hipoclorito age diminuindo a reflectância de forma estatisticamente significativa, que os limpadores à base de perborato de sódio também alteram a superfície dos metais, mas possuem menor efeito corrosivo; e que não houve mudança na massa dos espécimes durante o experimento.

Felipucci e colaboradores (2011) compararam o efeito de sete limpadores de dentaduras na perda de massa e liberação de íons em duas ligas de Co-Cr. Entre esses limpadores encontravam-se o Corega Tabs® (perborato de sódio) e uma solução de hipoclorito na concentração de 0,05%. Os corpos de prova (discos das ligas incrustados em uma peça retangular de resina quimicamente ativada) foram imersos 180 vezes. Os resultados mostraram perda de massa estatisticamente significativa para o grupo em Corega Tabs®. A perda de íons Co e Cr, verificada através de espectrometria, mostrou-se estatisticamente significativa na solução de hipoclorito.

Papadopoulos et al. (2011) avaliaram o efeito das soluções desinfetantes nas propriedades de flexão e nas mudanças de massa de uma liga de cobalto-cromo e

outra em titânio. As soluções avaliadas foram Corega Extradent® e solução de hipoclorito de sódio 5,25%, tendo água deionizada como grupo controle. Foram executados 45 ciclos de imersão, representando o regime rotineiro de limpeza, de 10 minutos cada, com intervalos entre eles de 24hs. As maiores reduções no módulo de elasticidade e na resistência flexural máxima foram encontradas para as ligas de Co-Cr imersas no hipoclorito 5,25%. Não houve diferença na perda de massa entre os limpadores, mas ambos provocaram perda, enquanto a água provocou um ligeiro aumento de massa.

3 ARTIGO

EFEITO DA IMERSÃO PERIÓDICA EM SOLUÇÕES LIMPADORAS NA RUGOSIDADE SUPERFICIAL, NA PORCENTAGEM DE VARIAÇÃO DE MASSA E NA RESISTÊNCIA FLEXURAL DE LIGAS DE COBALTO-CROMO

Este artigo será submetido à publicação no periódico "*JOURNAL OF THE MECHANICAL BEHAVIOR OF BIOMEDICAL MATERIALS*" ISSN 1751-6161.

Fator de impacto = 2,368; Qualis B1

As normas para publicação estão descritas no anexo A.

**Efeito da imersão em soluções limpadoras
na rugosidade superficial, na porcentagem de variação de massa
e na resistência flexural de ligas de cobalto-cromo**

Pedro C. C. Borsa¹, Sara Fraga¹, Katia O. Braun², Liliana G. May², Marcela Marquezan³

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Odontológicas, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

² Departamento de Odontologia Restauradora, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

³ Odontóloga SATIE PRAE, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil

Autor correspondente:

Liliana Gressler May

Endereço: Rua Marechal Floriano Peixoto, 1184, CEP 97015-372, Centro, Santa Maria, Brasil.

Telefone: +55-55-3220-9276, Fax: +55-55-3220-9272

E-mail: liligmay@gmail.com (Dr. LG May)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a rugosidade superficial, o percentual de variação de massa, a resistência flexural e o módulo de elasticidade de duas ligas de Cobalto-Cromo após submetidas à imersões em quatro soluções limpadoras e água (controle). Foram utilizadas as ligas Co-Cr® – DeguDent (Dentsply-DeguDent Industria e Comércio, São Paulo, Brasil) e Remanium® GM 800+ (Dentaurum GmbH & Co KG, Ispringen, Alemanha). De cada liga fundiu-se cinquenta corpos de prova, 50 cilíndricos (10 x 1 mm) para a análise da rugosidade, 50 quadrangulares (10 x 10 x 1 mm) para avaliação da variação de massa e em formato retangular (25 x 2,5 x 0,75 mm) para o teste flexão 3 pontos. O polimento se deu por seqüência de lixas (#400 a 2500) e pasta diamantada (3µm). A distribuição aleatória foi em 5 grupos, conforme os agentes de limpeza: vinagre branco puro, ácido peracético 0,2% , perborato de sódio (Corega Tabs®), hipoclorito de sódio 0,37% e o controle: água destilada. Foram realizadas avaliações da rugosidade superficial (Parâmetro Ra) através de rugosímetro (Mitutoyo SJ 410, Mitutoyo Corp, Kanagawa, Japan) antes e após 5, 20 e 90 ciclos de imersão de 10 minutos. As alterações de Ra (ΔRa_5 , ΔRa_{20} e ΔRa_{90}) foram calculadas entre os diferentes interrupções. Análise complementar da superfície foi realizada em imagens obtidas por microscopia eletrônica de varredura (JSM – 6360 SEM, JEOL Ltd., Tokyo, Japan). A pesagens dos corpos de prova para cálculo da variação de massa se deu após 5 e 90 imersões, utilizando-se de balança eletrônica analítica com sensibilidade de 0,0001 g (FA 2004, Coleman E. P. L. Com. e Imp. Ltda. Santo André, São Paulo). Os ensaios de flexão a 3 pontos para determinação da resistência flexural (σ_F) e do módulo de elasticidade foram realizados após 90 imersões. Os dados obtidos foram analisados quanto a normalidade e testes de comparação entre médias foram aplicados conforme o tipo de distribuição. As duas ligas, imersas nas soluções vinagre puro, ácido peracético, corega tabs® apresentaram comportamento semelhante em relação as alterações de rugosidade superficial (Ra), quando comparadas ao controle, após 90 imersões (ΔRa entre -0,012 e 0,022 µm). Aumento da rugosidade significativo ocorreu na solução de hipoclorito ($\Delta Ra_{90} = 0,064$ µm (CoCr®) e 0,592 µm (GM 800+). O número de imersões influenciou na variação de rugosidade, apenas para a solução de hipoclorito, sendo que as maiores variações ocorreram na liga GM 800+. Após 90 imersões a liga GM 800+ demonstrou perda de massa na solução de hipoclorito (-0,3%). Ocorrendo para essa liga aumento da resistência flexural ($\sigma_F = 1516$ MPa em hipoclorito; 1366 MPa no controle) após 90 imersões, sem modificação de seu módulo de elasticidade. A liga CoCr® não apresentou diferenças na σ_F ou no módulo de elasticidade nas diferentes soluções. A única solução que causou dano à superfície das ligas foi o hipoclorito de sódio 0,37%.

Palavras-chave: ligas metálicas; Co-Cr; rugosidade superficial; variação de massa; resistência flexural; hipoclorito de sódio; vinagre; perborato de sódio; ácido peracético.

1. INTRODUÇÃO

A colonização do aparelho protético pela microbiota oral mantém a mucosa em um ciclo de constante re-infecção, sendo que é clara a correlação entre deficiência de limpeza e a presença das doenças da mucosa oral [1]. Apesar da multifatorialidade dessas doenças, como idade, pH salivar, consumo de açúcar, perda de dimensão vertical, perda de estabilidade e desajuste do aparelho protético, a presença de patógenos como *Candida sp.* na mucosa e próteses, encontra-se como um dos fatores significantes [2]. Desta forma, para a redução do risco de desenvolvimento das estomatites pelo uso de aparelhos protéticos removíveis, são de fundamental importância a confecção de próteses de boa qualidade, instruções claras de manutenção e higiene aos usuários, e o comprometimento destes [3].

Neste escopo, existem pessoas que tornam-se temporária ou definitivamente incapacitadas de executar uma adequada higienização de suas próteses com métodos mecânicos. Entre outros, pacientes institucionalizados, hospitalizados e principalmente os idosos que apresentam redução da acuidade visual e coordenação motora. Sendo assim, a associação de métodos, com a imersão da prótese em limpadores químicos é uma real indicação [4].

Próteses parciais removíveis e próteses totais removíveis sobre implantes, na sua maioria, têm sua infra-estrutura confeccionada com ligas metálicas. A liga mais utilizada para construção destes aparelhos é a de cobalto-cromo [5]. Sua seleção ocorre por suprir fatores essenciais, como resistência à corrosão, propriedades mecânicas, custo e vasta disponibilidade comercial [6]. É uma liga que se caracteriza por apresentar a formação de uma camada de óxidos apassivadores em sua superfície, a qual governa a interação da liga com o meio externo e é responsável, em particular, pela biocompatibilidade do cobalto-cromo. Essa camada apresenta uma velocidade de formação medida em frações de segundo [7], sendo uma contribuição específica do cromo [8].

A literatura demonstra cautela na utilização de agentes de limpeza para ligas de cobalto-cromo. Soluções à base de hipocloritos alcalinos, por exemplo, com a qualidade de possuírem excelente ação antifúngica [9,10,11], podem causar sinais de corrosão, manchamento e até mesmo perda de propriedades [8,12,13]. Persiste a dúvida quanto estes danos trazerem conseqüências mais profundas, comprometendo não só a superfície da infra-estrutura protética, como também modificando suas propriedades, a ponto de tornar impeditivo sua indicação. Da mesma forma, sobre que outros agentes limpadores poderiam ser utilizados para aparelhos protéticos construídos nessa liga.

O vinagre, uma opção caseira de baixo custo e fácil aquisição, mostrou redução significativa do número de bactérias colonizantes de superfície [14], sendo referendado na literatura como uma alternativa para limpeza de próteses removíveis [15,16].

Por outro lado, encontra-se os limpadores comerciais efervescentes a base de perborato de sódio (CoregaTabs®), um sal de sódio, que ao entrar em contato com a água sofre hidrólise produzindo peróxido de hidrogênio, cuja eficiência como higienizador está descrita na literatura e parecem não possuir contra indicações para aparelhos protéticos que apresentem componentes metálicos na sua infraestrutura [10,18,19].

Também tem se destacado o ácido peracético 0,2%, na utilização para desinfecção de próteses removíveis, por apresentar-se efetivo na descontaminação de resinas acrílicas em profundidade, além de proporcionar maior segurança durante a execução da higienização, por ser biodegradável [19]. Tem ação semelhante ao hipoclorito de sódio à 1%, eliminando patógenos causadores de infecção hospitalar encontrados na cavidade bucal. É indicado como limpador/esterilizador de superfícies e materiais, apresentando a vantagem de não produzir subprodutos tóxicos e permanecer ativo mesmo na presença de material orgânico [20,21,22,23,24].

Além das agressões que os aparelhos protéticos possam receber do meio externo, eles estão ainda sujeitos a receber esforços cíclicos de flexão, torção e cisalhamento na cavidade oral, seja com o uso continuado ou intermitente. Anusavice et al. (1985) [8] salientou que a força mais atuante neste meio é a de flexão, sendo este o principal esforço acometido, num aparelho protético odontológico, durante seu uso clínico. Dessa forma, dados obtidos a partir de ensaios mais próximos de uma situação *in vivo* poderiam fornecer informações valiosas [25].

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi analisar a influência causada pela imersão em agentes de limpeza comerciais, manipulados e caseiros, na rugosidade superficial, na percentagem de variação de massa, na resistência flexural e no módulo de elasticidade de ligas à base de cobalto-cromo (Co-Cr) utilizadas para confecção de próteses parciais removíveis e infra-estruturas protéticas sobre implantes. As hipóteses do estudo eram: 1) os grupos imersos nos agentes de limpeza apresentarão alterações na rugosidade superficial à semelhança daqueles imersos em água destilada, não ocorrendo diferenças entre as ligas; 2) o percentual de variação de massa será semelhante entre os grupos imersos nas diferentes soluções limpadoras e na água, não ocorrendo diferenças entre as ligas; 3) os grupos imersos nos agentes de limpeza apresentarão valores de resistência flexural semelhantes aos imersos em água destilada, não ocorrendo diferenças entre as ligas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Confecção dos Corpos de Prova

2.1.1 Composição e Geometria

Para a realização deste trabalho foram utilizadas 2 ligas metálicas à base de Cobalto-Cromo (Co-Cr): Remanium[®] GM 800+ (Dentaurum GmbH & Co KG, Ispringen, Alemanha) e CoCr[®] Degudent (Dentsply-DeguDent Industria e Comércio, São Paulo, Brasil), cujas composições constam no quadro 1.

Quadro 1 - Composição fornecida pelos fabricantes, das ligas utilizadas no estudo.

Componentes	Liga CoCr [®]	Liga GM 800+ [®]
Co	64,8	63,3
Cr	28,5	30,0
Mo	5,3	5,0
Si	0,5	1,0
Mn	0,5	< 1,0
C	0,4	< 1,0
N	-	< 1,0

Foram confeccionados corpos de prova em formatos diferentes, de acordo com as exigências para cada ensaio específico.

Para a análise de rugosidade superficial e análise complementar em microscópio eletrônico de varredura (MEV). Foram confeccionados corpos de prova circulares obtidos pela inclusão de matrizes pré-fabricadas de bases apreensoras de botões de pressão para vestuário (Ritas do Brasil, Barra Funda, São Paulo, Brasil), medindo 10 mm de diâmetro x 1 mm de espessura. Foram confeccionados 50 corpos de prova por liga (n=10). O número repetições por grupo para avaliação da rugosidade foi definido com base em cálculo amostral, a partir de estudo semelhante não publicado^{NR1}, a fim de se obter poder estatístico de 80%.

Para a determinação da variação de massa, os corpos de prova foram confeccionados no formato quadrangular, medindo 10 mm x 10 mm x 1 mm (comprimento x largura x espessura) obtidas por recorte à LASER de placas de policarbonato.. O número de corpos de prova, foi de 50 para cada liga (n=10).

Para o ensaio de resistência flexural e determinação do módulo de elasticidade, foram confeccionados corpos de prova no formato de barras retangulares, medindo 25 mm x 2,5 mm x 0.75 mm (comprimento x largura x espessura), através da inclusão de matrizes plásticas, também obtidas por recorte à LASER de placas de policarbonato.

2.1.2 Inclusão, fundição e pré-acabamento dos corpos de prova

As matrizes plásticas foram montadas em “sprues” de cera nº. 2 (Kota Ind. e Com. LDTA., São Paulo, SP, Brasil) com câmara de compensação feita com cera tipo articulação (Polidental Ind. e Com. Ltda, Cotia, SP, Brasil) e embutidos em anel conformador em silicone L400 (Talmex, Curitiba, PR, Brasil). Após este procedimento, o revestimento refratário (Microfine 1700, Talmex, Curitiba, PR, Brasil) foi proporcionado conforme as instruções do fabricante, manipulado em espatuladora a vácuo (Polidental, mod. B 2271/07), por aproximadamente 30 segundos em 425 RPM, e então vertido na base conformadora com auxílio de um vibrador odontológico. Após a presa do revestimento (40 minutos), o anel foi levado ao forno (Micro processado Médio, Knebel Produtos Dentários, Porto Alegre, RS, Brasil), onde foi aquecido à 950° C por duas horas, para eliminação da cera. No momento em que se obteve a temperatura desejada no anel refratário, esse foi levado até a centrífuga laboratorial e a liga foi fundida com maçarico (GLP + Oxigênio) a uma temperatura de aproximadamente 1480° C. Após o resfriamento dos anéis refratários, os corpos de prova foram jateados com óxido de alumínio por 10 minutos (VarioJet, Renfert GmbH, Hilzingen, Germany), para a remoção do revestimento aderido à superfície, recortados e pré-acabados, retirando-se arestas e eventuais sobras e bolhas positivas de metal; seguindo para a etapa de polimento.

^{NR1} “Avaliação da superfície de duas ligas de Co-Cr submetidas a imersão em agentes limpadores” Borsa PCC, Braun KO, Otani AC, May LG e Paris AF.

2.1.3 Regularização e polimento dos corpos de prova

O polimento dos corpos de prova foi realizado em politriz Arotec APL-4 (Arotec, Cotia, São Paulo, Brasil) nos sentidos dos eixos “X” e “Y”. Utilizou-se lixas d’água (Norton, São Paulo, SP, Brasil) na seqüência de regularização (granulação 400), polimento (granulações 600, 1200, 2000 e 2500) e espelhamento, em baixa rotação, na politriz Ecomet 250 (Buehler, Ltda, Lake Bluff, IL, USA) com pasta diamantada 3 µm (Master Diamond Ferramentas, São Paulo, SP, Brasil) por 20 segundos. Entre as trocas das lixas e após a pasta foi realizada a limpeza dos corpos de prova em cuba ultrassônica (Sonic Clean, Sanders do Brasil, Santa Rita da Sapucaí, MG, Brasil) com água destilada por 2 minutos, eliminando-se os resíduos do abrasivo anterior e pasta de polimento.

2.2 Divisão dos grupos

Todos os corpos de prova foram numerados para sua identificação dentro dos grupos. Os 50 corpos de prova de cada liga, nos três formatos, (retangular, quadrangular e circular), foram divididos aleatoriamente em cinco grupos (n=10). Os grupos foram designados para imersões em uma das 4 diferentes soluções limpadoras ou em água destilada (grupo controle). Foram confeccionados dispositivos para o encaixe dos corpos-de-prova, de modo a evitar que ficassem sobrepostos e ocorressem danos em suas superfícies durante as imersões, e permitindo a troca simultânea dos mesmos entre as imersões.

2.3 Preparo das soluções e regime de imersões

Foram selecionados quatro agentes de limpeza para o trabalho: vinagre de álcool sem diluição (VP), ácido peracético 0,2% (AP), solução efervescente a base de perborato de sódio (Corega Tabs®) (CT) e solução de hipoclorito de sódio 0,37% (HS). No quadro 2, estão descritas as soluções utilizadas, seus fabricantes e composições, bem como as concentrações empregadas no estudo.

Quadro 2 - Soluções a serem utilizadas no estudo.

Marca Comercial	Fabricante	Composição	Concentração	Sigla
Vinagre de álcool	WMS Supermercados do Brasil, Porto Alegre –RS, Brasil	Fermentado Acético de Álcool e conservante Dióxido de Enxofre (INS220), ácido acético à 4,2 %	4,2%	VP
Perax Rio 0.2%®	Rioquímica, São José do Rio Preto – SP, Brasil	Ácido peracético em solução aquosa a 0,2%, aditivo antioxidante	0,2%	AP
Corega Tabs®	Stafford-Miller Ind., Rio de Janeiro – RJ, Brasil	Bicarbonato de Sódio, ácido cítrico, carbonato de sódio, persulfato de potássio, perborato de sódio, polietilenoglicol 8000, lauril sulfacetato de sódio, copolímero de de acetato de vinil, esterato de sódio, mentol, aromatizantes e corantes: indigotina – CI 73015, azul brilhante – CI 42090 e tartrazina – CI 19140	solução equivalente a dissolução de uma pastilha efervescente em 100 ml de água	CT
Hipoclorito de Sódio 2,5%	FarmaTrat, Santa Maria, RS, Brasil.	Hipoclorito de Sódio 2,5 %	0,37 %	HS
Água Destilada (controle)	Iodontec, Sarandi, Porto Alegre - RS, Brasil	Água Destilada	---	C

As soluções de limpeza e a água destilada foram manipuladas no momento da realização das imersões, sendo vertidas em tubos de ensaio de vidro (Pyrex No. 9820, Corning Inc., Nova York, USA) num volume de 15 ml, suficiente para a total submersão dos corpos de prova de cada grupo. Os corpos-de-prova ficaram imersos por 10 minutos em cada ciclo de imersão. As soluções foram trocadas a cada novo ciclo, e após o tempo de imersão, os corpos de prova foram removidos, limpos com “spray” de água destilada e secos por jato de ar frio.

O vinagre branco (4,2% de ácido acético) e a solução de ácido peracético (0,2%) foram utilizados em sua forma comercial, sem diluição.

Para a solução de Corega Tabs®, o fabricante recomenda a dissolução de uma pastilha em 150 ml d'água. Como uma pastilha possui 2,8 gramas, foi solicitado em uma farmácia de manipulação a confecção de cápsulas contendo 0,28 gramas do produto, para a confecção de 15 ml de solução. A temperatura que a solução foi preparada seguiu a indicação do fabricante $45 \pm 3^\circ\text{C}$ graus.

Para o preparo da solução de hipoclorito de sódio, foi diluído o equivalente a uma colher de sopa (15 ml) de solução 2,5% em um copo d'água contendo 100 ml, obtendo-se assim uma solução de concentração 0,37 %.

2.3.1 Interrupções entre as imersões

Foram feitas interrupções entre as imersões, para avaliação da rugosidade e obtenção das imagens da superfície em microscópio eletrônico de varredura, em intervalos pré-determinados: I) após 5 imersões, correspondente a média de idas e vindas de uma infra-estrutura protética/PPR do laboratório, a qual deve ser submetida a desinfecção/esterilização, minimizando a infecção cruzada; II) após 20 imersões, que foi o número de ciclos na solução de hipoclorito de sódio, em estudo piloto, para que começassem a ser percebidas modificações superficiais nas ligas, tais como manchamento e perda de brilho; III) após 90 imersões, correspondendo a 3 meses de limpezas diárias ou a aproximadamente 1 ano e 10 meses de uso, em imersões semanais.

2.4 Análise da rugosidade superficial

Para a avaliação da rugosidade superficial, os corpos-de-prova foram fixados em uma mesa de medição no rugosímetro Mitutoyo SJ 410 (Mitutoyo Corp, Kanagawa, Japan), o qual foi previamente calibrado. Foram realizadas as leituras do parâmetro Ra, que significa o cálculo da média aritmética entre picos e vales das superfícies do corpo-de-prova. Foram realizadas três leituras de 0,4 mm de comprimento e valor de “cut-off” de 0,08 mm, a 0,5 mm/s, nos eixos “X” e “Y” , totalizando 6 leituras. Ao final, a média aritmética dessas leituras foi calculada, em micrômetros (μm). As medições foram realizadas antes e após 5, 20 e 90 imersões nas soluções limpadoras e controle. Foram calculadas as diferenças de rugosidade, denominadas ΔRa , observadas entre os intervalos de imersão e as leituras iniciais (ΔRa_5 , ΔRa_{20} e ΔRa_{90}).

2.5 Análise das imagens da superfície dos corpos de prova obtidas por microscopia eletrônica de varredura

De cada um dos grupos de corpos de prova circulares (n=10), foram retirados 3 corpos de prova, um em cada diferente intervalo entre as imersões (5, 20 e 90 imersões), os quais foram destinados à avaliação do aspecto topográfico da superfície das ligas, em microscópio eletrônico de varredura (JSM 6360, JEOL Ltd., Tokyo, Japan).

2.6 Determinação da variação percentual de massa

Foi realizada a pesagem inicial (m_1) dos corpos-de-prova e a pesagem depois de 5 e 90 imersões (m_x). Os corpos-de-prova foram secos com jatos de ar e mantidos em ambiente livre de umidade, com auxílio de dessecador (Laborglass, São Paulo, São Paulo, Brasil) carregado com sílica gel, por 1 hora antes das pesagens. Utilizou-se a balança eletrônica analítica modelo FA 2004 (Coleman Equipamentos Com. e Ind. Ltda, Santo André-SP, Brasil) com sensibilidade de 0,0001 g.

A variação percentual de massa ($\Delta m\%$) foi calculada pela fórmula:

$$\Delta\%m = \left[\frac{m_x - m_1}{m_1} \right] 100 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: m_1 é a massa inicial e m_x a massa em cada intervalo de imersão, medidas em gramas.

2.7 Ensaio de resistência flexural e módulo de elasticidade

Foram realizados ensaios de flexão 3 pontos para determinação da resistência flexural máxima. Todas as barras tiveram suas larguras e alturas medidas anteriormente ao ensaio, com paquímetro digital (Starrett 727-6/150, Itu, São Paulo, Brasil), no centro das mesmas.

O dispositivo para o teste consistiu de uma mesa contendo dois suportes cilíndricos para apoiar as barras, com uma distância de 20mm entre seus centros (ISO 6872), e um terceiro cilindro para aplicação de carga, posicionado sobre o centro da barra.

Os ensaios foram realizados em máquina de ensaios universais (EMIC DL-1000, São José dos Pinhais, São Paulo, Brasil). A força empregada foi obtida através de uma célula de carga de 50kgf com velocidade de carregamento de 0,5 mm/min e limite de aplicação de carga até o colapso de 20% (perda gradual de resistência da estrutura, iniciado por ruptura localizada, que origina o posterior colapso total) ou até o deslocamento máximo de 15 mm. O resultado foi dado em N (Newtons) através do software TESC 2.0, instalado em computador conectado à célula de carga.

A Resistência flexural máxima, maior tensão que o material pode resistir (já em fase de deformação plástica), corresponde ao ponto máximo na curva tensão-deformação. Foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\sigma = \frac{3 FL}{2 bd^2} \quad \text{Equação 2}$$

Onde: σ é a resistência flexural máxima, em MPa
 F corresponde a força máxima alcançada no sistema, em N (Newtons)
 L é a distância entre os centros dos suportes cilíndricos, 20 mm
 b corresponde a largura do corpo de prova, medido com paquímetro no centro da barra, em mm
 d é espessura do corpo de prova, medido com paquímetro no centro da barra, em mm

O Módulo de Elasticidade consiste na taxa de variação da deformação elástica do corpo como função da tensão, e foi obtido a partir do teste de flexão 3 pontos, através da fórmula:

$$E = \left[\frac{L^3 \cdot \Delta F}{4 \cdot b \cdot d^3 \cdot \Delta \epsilon} \right] 1000^{-1} \quad \text{Equação 3}$$

Onde: E é o módulo de elasticidade, em GPa
 ΔF corresponde a diferença de valores de carga, em N, obtidos num segmento retilíneo da curva tensão-deformação (fase elástica)
 L é a distância entre os centros dos suportes cilíndricos, 20 mm
 b corresponde a largura do corpo de prova, medida no centro da barra, em mm
 d é espessura do corpo de prova, medida no centro da barra, em mm
 $\Delta \epsilon$ corresponde a diferença de deformação (em mm) alcançada pelo corpo de prova em sua fase elástica, no segmento correspondente ao ΔF .

2.8 Análise estatística

Os valores nominais de rugosidade, variação de rugosidade, perda percentual de massa, resistência flexural e módulo de elasticidade foram tabulados em planilhas e analisados por meio de estatística descritiva no programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences, versão 18.0). Para cada grupo, composto pelo tipo de liga e solução de imersão, a normalidade de distribuição foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade entre esses pela Prova de Levene.

Os fatores liga e solução de imersão, foram analisados quanto aos desfechos por meio de ANOVA de dois fatores. Após, os grupos foram comparados entre si, separadamente em cada uma das ligas, quanto aos desfechos, por meio de ANOVA 1 fator, seguido de teste de post hoc de Tukey, a um nível de significância de 5%.

De forma a elucidar o efeito da exposição à solução sobre a rugosidade superficial (R_a) ao longo das imersões, as ligas foram comparadas isoladamente, mantendo-se uma mesma solução de imersão, por meio de teste t de student.

3. RESULTADOS

3.1 Rugosidade Superficial

Os resultados obtidos para as médias de rugosidade superficial (Ra) das ligas antes e após 5, 20 e 90 imersões nas soluções limpadoras, encontram-se na tabela 1.

Tabela 1: Médias e desvios-padrão da rugosidade em Ra (μm) das ligas comparando sua manutenção na mesma solução de limpeza nos diferentes intervalos de imersões.

SOLUÇÕES	Ra0	Ra5	Ra20	Ra90	
CoCr®	C	0,033 (0,010) ^{aA}	0,034 (0,003) ^a	0,038 (0,006) ^a	0,047 (0,022) ^{aB}
	VP	0,026 (0,008) ^{aA}	0,057 (0,023) ^b	0,041 (0,018) ^a	0,046 (0,006) ^{aB}
	AP	0,028 (0,011) ^{aA}	0,038 (0,028) ^a	0,037 (0,018) ^a	0,051 (0,016) ^{bB}
	CT	0,029 (0,014) ^{aA}	0,020 (0,002) ^a	0,029 (0,005) ^a	0,052 (0,018) ^{bB}
	HS	0,027 (0,012) ^{aA}	0,031 (0,006) ^a	0,040 (0,005) ^b	0,091 (0,052) ^{cB}
GM 800+	C	0,038 (0,014) ^{aA}	0,036 (0,016) ^a	0,036 (0,015) ^a	0,053 (0,017) ^{bB}
	VP	0,060 (0,020) ^{aA}	0,023 (0,006) ^b	0,030 (0,006) ^b	0,048 (0,012) ^{cA}
	AP	0,054 (0,038) ^{aA}	0,036 (0,003) ^b	0,030 (0,002) ^c	0,042 (0,008) ^{dA}
	CT	0,048 (0,010) ^{aA}	0,034 (0,005) ^b	0,034 (0,009) ^b	0,046 (0,012) ^{bA}
	HS	0,026 (0,009) ^{aA}	0,161 (0,019) ^b	0,356 (0,032) ^c	0,618 (0,207) ^{dB}

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as ligas quanto a variação de médias da rugosidade Ra5, Ra20 e Ra90 (linha) ao longo das imersões, mantidas num mesmo agente de limpeza (Teste t, $p < 0,05$). Letras maiúsculas indicam diferença estatística entre a rugosidade inicial Ra0 e a final Ra90 (Teste t, $p < 0,05$).

Os resultados obtidos para as variações de rugosidade superficial (ΔRa) ocorridas nas ligas após 5, 20 e 90 imersões nas soluções limpadoras, encontram-se na tabela 2 e tabela 3.

Tabela 2: Médias e desvios-padrão do valor da variação da rugosidade superficial ΔRa (μm) para as diferentes soluções agentes de limpeza, liga e intervalos de imersão (depois de 5, 20 e 90 imersões).

Soluções	ΔRa5	ΔRa20	ΔRa90	
CoCr®	C	0,001 (0,010) ^{aA}	0,005 (0,015) ^{aA}	0,014 (0,015) ^{aA}
	VP	0,031 (0,021) ^{bA}	0,015 (0,022) ^{aA}	0,020 (0,009) ^{aA}
	AP	0,009 (0,029) ^{abA}	0,008 (0,020) ^{aA}	0,023(0,020) ^{aA}
	CT	-0,009 (0,014) ^{aA}	-0,0005 (0,016) ^{aA}	0,023(0,020) ^{aA}
	HS	0,004 (0,013) ^{abA}	0,012 (0,016) ^{aA}	0,064 (0,051) ^{bB}
GM 800+	C	-0,002 (0,017) ^{bA}	-0,001 (0,012) ^{aA}	0,015 (0,012) ^{aA}
	VP	-0,036 (0,021) ^{aA}	-0,031 (0,023) ^{aA}	-0,012 (0,018) ^{aA}
	AP	-0,019 (0,037) ^{abA}	-0,024 (0,040) ^{aA}	-0,011 (0,037) ^{aA}
	CT	-0,015 (0,007) ^{abA}	-0,015 (0,015) ^{aA}	-0,003 (0,013) ^{aA}
	HS	0,135 (0,020) ^{cA}	0,330 (0,034) ^{bB}	0,592 (0,210) ^{bC}

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os agentes (colunas), mantida a mesma liga e intervalo (Tukey 5%, $p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os intervalos (linhas) (Tukey 5%, $p < 0,05$).

Tabela 3: Médias e desvios-padrão da variação de rugosidade (ΔRa) das ligas comparando sua manutenção na mesma solução de limpeza.

AGENTES	IMERSÕES	CoCr	GM-800+
ÁGUA DESTILADA	5	0,001 (0,010) ^a	-0,002 (0,017) ^a
	20	0,004 (0,015) ^a	-0,001 (0,012) ^a
	90	0,014 (0,015) ^a	0,015 (0,012) ^a
VINAGRE PURO	5	0,031 (0,021) ^a	-0,037 (0,021) ^b
	20	0,015 (0,022) ^a	-0,031 (0,023) ^b
	90	0,020 (0,009) ^a	-0,012 (0,018) ^a
ÁCIDO PERACÉTICO 0,2%	5	0,009 (0,029) ^a	-0,019 (0,037) ^a
	20	0,008 (0,020) ^a	-0,024 (0,040) ^a
	90	0,022(0,020) ^a	-0,011 (0,037) ^a
COREGA TABS®	5	-0,009 (0,014) ^a	-0,014 (0,007) ^a
	20	0,000 (0,016) ^a	-0,015 (0,015) ^a
	90	0,022 (0,013) ^a	-0,002 (0,013) ^a
HIPOCLORITO DE SÓDIO	5	0,004 (0,013) ^a	0,135 (0,020) ^b
	20	0,012 (0,016) ^a	0,330 (0,034) ^b
	90	0,064 (0,051) ^a	0,592 (0,210) ^b

Letras diferentes indicam diferença estatística entre as ligas (linha). (Tukey 5%, $p < 0,05$).

Os fatores liga, solução de imersão e a interação entre eles influenciaram significativamente nas alterações de rugosidade, em todos os intervalos ($p < 0,001$).

Para a liga CoCr®, após 5 imersões, de modo geral, não ocorreram diferenças na variação de rugosidade superficial na liga CoCr®, à exceção do grupo imerso em vinagre, que apresentou maior variação na rugosidade (aumento) maior que os grupos imersos em água e em Corega Tabs® (tabela 2, coluna 1). Após 20 imersões, todas as soluções provocaram variação de rugosidade semelhante à da água e após 90 imersões, apenas a solução de hipoclorito de sódio 0,37% causou um aumento significativamente diferente do ocorrido em água destilada (tabela 2, coluna 3).

Para a liga GM 800+, após 5 imersões, nas soluções VP, AP, CT e C, as variações foram negativas (diminuição dos valores de Ra). O vinagre puro (VP) provocou diminuição de rugosidade, estatisticamente diferente da ocorrida em água destilada (C). O hipoclorito de sódio (HS) provocou variação positiva da rugosidade em maior escala (aumento de Ra). Após 20 imersões, não mais se observaram as diferenças entre os espécimes imersos em vinagre puro e na água destilada. Excetuou-se mais uma vez, o grupo em hipoclorito de sódio (HS), que apresentou grande aumento de rugosidade, diferindo significativamente dos demais. Após 90 imersões, o valores de variação de rugosidade (ΔRa) no grupo submetido ao hipoclorito de sódio 0,37% foi significativamente maior do que aqueles dos grupos imersos nos demais agentes, que não diferiram do controle. Salienta-se que as variações obtidas pelo grupo imerso no hipoclorito de sódio (HS) nos diferentes intervalos de imersões ficaram entre 10 a 30 vezes maiores que os demais grupos. (tabela 2).

Comparando-se as duas ligas estudadas (tabela 3), é possível verificar que a liga GM 800+, após 90 imersões em HS apresentou variações positivas nos valores de rugosidade superficial, cerca de 9,25 vezes maiores que as variações ocorridas na liga CoCr®. Ainda, a liga GM 800+ apresentou diminuição na rugosidade superficial, quando imersa até 20 vezes em vinagre, diferindo das alterações ocorridas na liga CoCr®. Após 90 imersões, as duas ligas sofreram alterações semelhantes em todas as soluções, com exceção do hipoclorito de sódio.

3.1.1. Imagens das superfícies das ligas em MEV

Imagens em MEV, representativas das superfícies das ligas após 5, 20 e 90 imersões, estão apresentadas nas figuras 1 e 2.

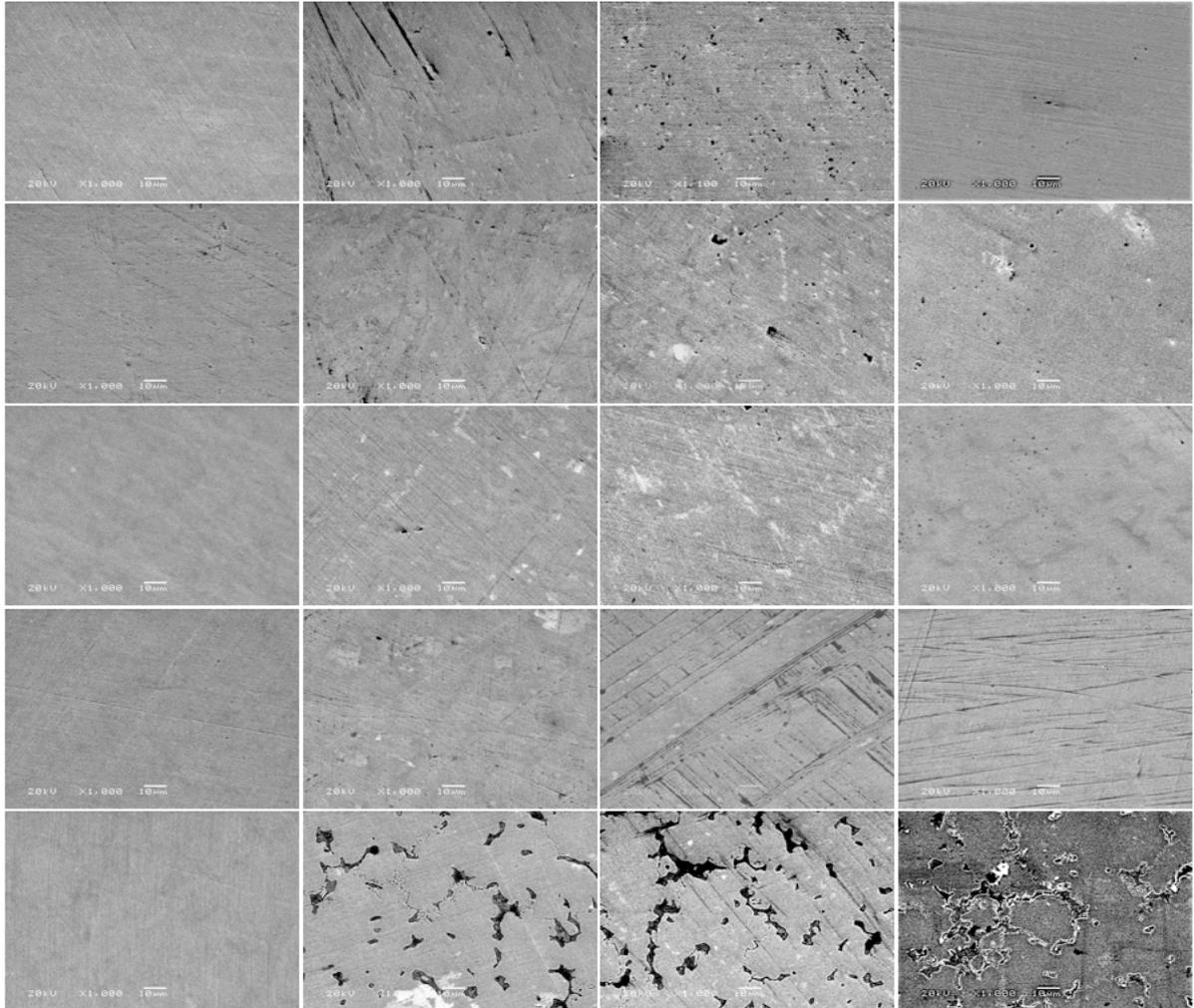


Figura 1: Imagens obtidas por MEV para a liga CoCr®: a primeira coluna de cima abaixo mostra as imagens de um corpo de prova de cada grupo respectivo (C, VP, AP, CT e HS) antes das imersões, seguindo em linha as diferentes imagens obtidas para os corpos de prova após 5, 20 e 90 imersões.

Para a liga CoCr® (figura 1), após as primeiras cinco imersões, não foi detectada alteração sugestiva de corrosão na superfície, excetuando-se o grupo imerso em hipoclorito de sódio, onde a imagem sugere corrosão intergranular. Após as 20 imersões, a superfície da liga imersa em hipoclorito de sódio parece apresentar aumento da corrosão intergranular, enquanto permanece semelhante à do controle nas demais soluções. O mesmo ocorre após 90 imersões, quando a superfície em hipoclorito de sódio apresenta aspecto de generalização da corrosão superficial.

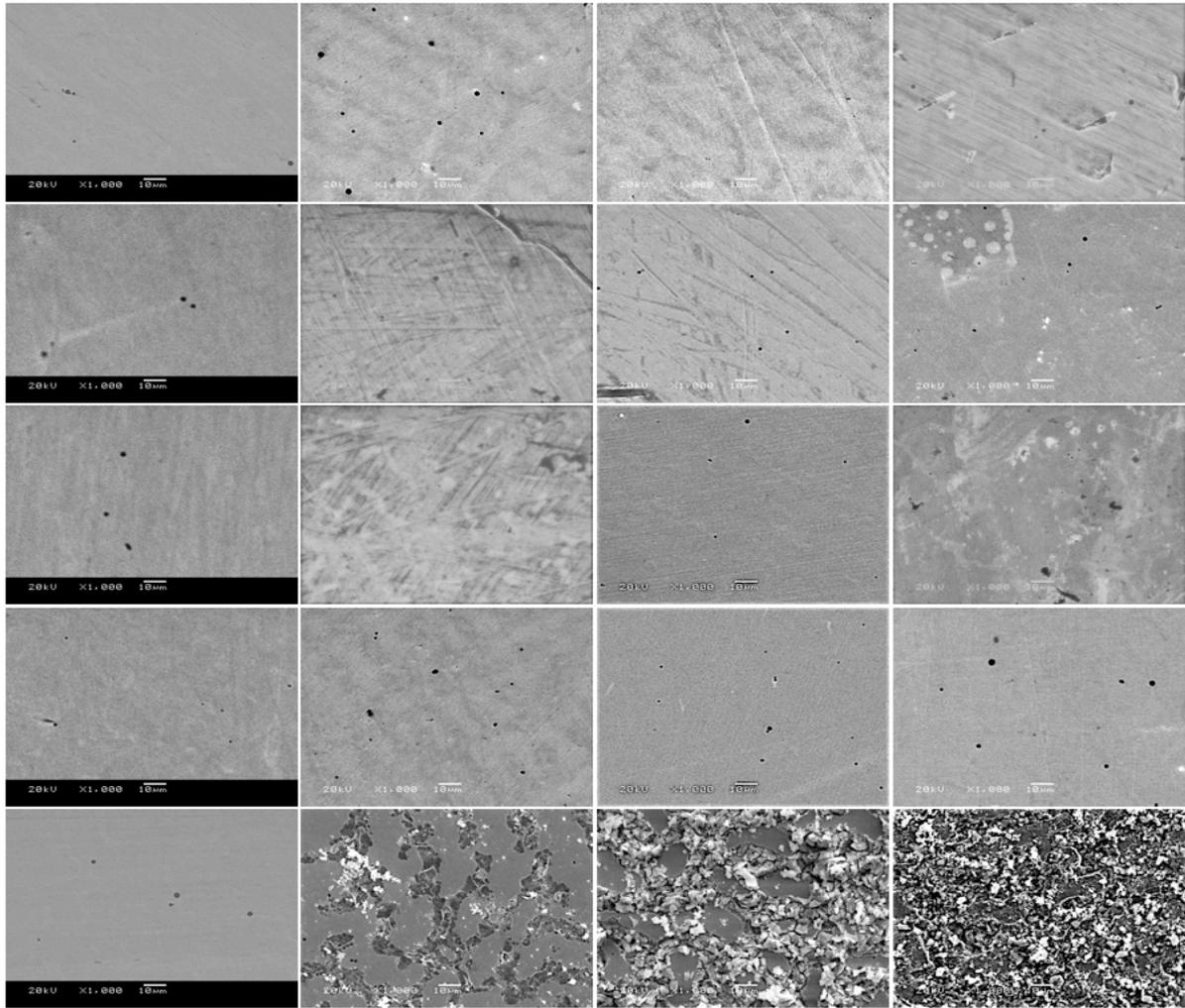


Figura 2: Imagens obtidas por MEV para a liga GM 800+: a primeira coluna de cima abaixo mostra as imagens de um corpo de prova de cada grupo respectivo (C, VP, AP, CT e HS) antes das imersões, seguindo em linha as diferentes imagens obtidas para os corpos de prova após 5, 20 e 90 imersões.

Para a liga GM 800+ (figura 2), as alterações superficiais evidentes ocorrem novamente no grupo imerso em hipoclorito de sódio. No entanto, desde as 5 primeiras imersões, a imagem sugere corrosão generalizada da superfície. Após 20 e 90 imersões, as alterações tornam-se ainda mais evidentes, sendo que nesta liga, a imersão em hipoclorito de sódio 0,37% parece provocar alterações muito maiores do que na liga CoCr®.

3.2 Variação percentual de massa ($\Delta\%M$)

Houve perda de massa significativa nas duas ligas estudadas, quando expostas à 90 imersões em hipoclorito de sódio 0,37%. Para as demais soluções, as alterações foram semelhantes às ocorridas ao grupo controle (tabela 4). A liga GM 800+ sofreu perda maior (cerca de 7 vezes a perda ocorrida na liga CoCr®).

Tabela 4: Médias e desvios-padrão da porcentagem de variação da massa ($\Delta\%M$) após 5 e 90 imersões das ligas nas diferentes soluções de limpeza.

SOLUÇÕES		$\Delta\%M5$	$\Delta\%M90$
CoCr®	ÁGUA DESTILADA	0,029 (0,026) ^{aA}	0,014 (0,015) ^{abA}
	VINAGRE PURO	0,026 (0,030) ^{aA}	0,050 (0,028) ^{aA}
	ÁCIDO PERACÉTICO 0,2%	0,038 (0,023) ^{aA}	0,045 (0,019) ^{aA}
	COREGA TABS®	0,001 (0,033) ^{aA}	0,022 (0,028) ^{aA}
	HIPOCLORITO 0,37%	0,017 (0,030) ^{aA}	-0,038 (0,047) ^{bB}
GM 800+	ÁGUA DESTILADA	0,028 (0,022) ^{aA}	0,014 (0,042) ^{abA}
	VINAGRE PURO	0,019 (0,030) ^{aA}	0,027 (0,032) ^{aA}
	ÁCIDO PERACÉTICO 0,2%	0,032 (0,026) ^{aA}	-0,003 (0,023) ^{abA}
	COREGA TABS®	0,041 (0,024) ^{aA}	0,036 (0,022) ^{aA}
	HIPOCLORITO 0,37%	0,015 (0,040) ^{aA}	-0,268 (0,085) ^{cB}

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatística para as soluções de limpeza (colunas) entre as ligas nos mesmos intervalos (Tukey 5%; $p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre os intervalos (linhas) (Tukey 5%; $p < 0,05$).

3.3 Resistência flexural e módulo de elasticidade

Na tabela 5, encontram-se os resultados de resistência flexural e módulo de elasticidade das ligas após 90 imersões nas soluções limpadoras e grupo controle. A liga CoCr® apresentou maiores valores de resistência flexural em todas as soluções.

Na liga CoCr®, não houve efeito significativo das soluções limpadoras e controle sobre a resistência flexural e o módulo de elasticidade. Para a liga GM 800+, o módulo de elasticidade foi semelhante em todos os grupos, já a resistência flexural foi maior para os espécimes imersos na solução de hipoclorito de sódio 0,37%, estatisticamente diferente da água ($p = 0,010$) (tabela 5).

Tabela 5: Médias e desvios-padrão da resistência Flexural (MPa) e Módulo de Elasticidade (GPa) das ligas após 90 imersões nas soluções limpadoras.

LIGA	SOLUÇÕES	σ (MPa)	E (GPa)
CoCr®	ÁGUA DESTILADA	1635,39 (169,89) ^{aA}	222,253 (42,578) ^{aA}
	VINAGRE PURO	1774,21 (221,70) ^{aA}	261,779 (50,472) ^{aA}
	ÁCIDO PERACÉTICO	1684,23 (130,21) ^{aA}	239,916 (36,266) ^{aA}
	COREGA TABS®	1817,11 (83,63) ^{aA}	251,191 (41,486) ^{aA}
	HIPOCLORITO DE SÓDIO	1655,19 (254,48) ^{aA}	220,427 (45,163) ^{aA}
GM 800+	ÁGUA DESTILADA	1366,16 (58,72) ^{bB}	165,852 (21,094) ^{abB}
	VINAGRE PURO	1407,67 (55,15) ^{bcB}	188,260 (34,735) ^{abB}
	ÁCIDO PERACÉTICO	1428,56 (156,20) ^{bcB}	173,286 (31,741) ^{abB}
	COREGA TABS®	1410,34 (74,55) ^{bcB}	174,725 (15,476) ^{abB}
	HIPOCLORITO DE SÓDIO	1516,39 (73,54) ^{cA}	159,953 (19,413) ^{abB}

Letras minúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre os métodos (colunas), mantida uma mesma liga e intervalo (Tukey 5%, $p < 0,05$). Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatisticamente significativa entre as ligas (linhas) (Tukey 5%, $p < 0,05$).

4. DISCUSSÃO

Este estudo foi realizado com o objetivo de verificar o efeito de sucessivas imersões em soluções de limpeza na rugosidade superficial, na variação percentual de massa e na resistência flexural de duas ligas de cobalto-cromo.

Os fatores liga e solução de limpeza influenciaram significativamente nas alterações de rugosidade.

Para a liga CoCr®, houve aumento na rugosidade dos espécimes imersos em vinagre puro, após 5 imersões, quando comparados aos espécimes antes das imersões (tabela 1). Essa diferença pode ser explicada pela deposição de componentes orgânicos típicos do vinagre que podem não ter sido completamente removidos no uso do jato ar/água e ao secarem, podem ter aumentado temporariamente a rugosidade dos corpos de prova. Essas variações podem ser consideradas desprezíveis pois, após 20 imersões, as ligas apresentaram variação de rugosidade semelhante em todas as soluções, sendo os valores de Ra (tabela 1) considerados clinicamente não críticos [26,27]. Após 90 imersões, apenas os espécimes imersos na solução de hipoclorito de sódio 0,37% ($\Delta Ra_{90} = 0,064 \mu m$) apresentaram variação de rugosidade maior que a ocorrida em água (tabela 2).

Na liga GM 800+, após 5 imersões, os espécimes em vinagre puro e em hipoclorito de sódio 0,37%, apresentaram maiores variações de rugosidade que aqueles imersos em água. O aumento na rugosidade provavelmente tenha ocorrido pela deposição de resíduo orgânico no grupo em vinagre e por um início de corrosão superficial nos espécimes imersos em hipoclorito de sódio. A corrosão neste grupo é evidenciada pelos valores muito maiores de variação de rugosidade (tabela 2) e média de rugosidade (tabela 1) e corroborada com as imagens obtidas pelo microscópio eletrônico de varredura (figura 2). Após 90 imersões, novamente o grupo imerso em hipoclorito de sódio apresentou a maior alteração de rugosidade superficial ($\Delta Ra_{90} = 0,592 \mu m$) e aumento dos valores médios de Ra (tabela 1 e tabela 2).

Diante destas observações percebeu-se que as ligas de cobalto-cromo, na presença da solução de hipoclorito de sódio 0,37%, sofreram a fadiga da camada apassivadora em sua superfície, sugerindo degradação do metal em forma de depressão ou cavitação, conforme relatado por Anusavice (2013) (figura 1 e figura 2) [8]. Esse fato pode estar relacionado ao íon cloro (Cl^-), o qual penetra na camada de óxido (Cr_2O_3) através de poros e defeitos, mais facilmente do que outros íons [28].

À exceção do hipoclorito de sódio 0,37%, as demais soluções testadas demonstraram-se não agressivas à superfície das ligas, uma vez que as alterações na rugosidade superficial, após 90 imersões, foram semelhantes às ocorridas em água. As imagens em MEV (figura 1 e figura 2) corroboram estes achados.

Observa-se que a liga GM 800+ foi a que apresentou a maior alteração quando imersa em hipoclorito de sódio, alcançando os maiores índices de variação de rugosidade superficial ($\Delta Ra_{20} = 0,33 \mu m$ e $\Delta Ra_{90} = 0,592 \mu m$) (tabela 2) e de valores de Ra ($Ra_{20} = 0,36 \mu m$ e $Ra_{90} = 0,62$) (tabela 1). Estes valores não poderiam ser aceitos clinicamente, pois rugosidades acima de $0,2 \mu m$ favorecem a adesão do biofilme [26, 27]. O mesmo não ocorreu para a liga CoCr®, que apesar de ter

sofrido modificação significativa na rugosidade superficial após 90 imersões em hipoclorito, não atingiu valores críticos para a adesão de biofilme $Ra_{90} = 0,09 \mu\text{m}$ (tabela 1).

Diante dos achados de rugosidade superficial, em que apenas vinagre e hipoclorito de sódio 0,37% provocaram alterações estatisticamente diferentes da água e em que houve diferença entre as ligas, rejeita-se parcialmente a primeira hipótese.

As observações realizadas em MEV corroboraram os resultados obtidos nas análises da rugosidade superficial. As imagens mostram grandes alterações na superfície das ligas CoCr® e GM 800+ após 90 imersões em hipoclorito de sódio 0,37%, que indicam corrosão da superfície, exatamente nas regiões limítrofes da estrutura granular, como demonstra estudo de Viennot et al. (2005) [29]. Na liga GM 800+, um maior grau de alteração aparece. Já na quinta imersão percebe-se uma maior quantidade de áreas interdendríticas, observado como uma maior erosão escura, delimitando grãos menores; quando comparada com a liga anterior no mesmo número de imersões, sugerindo uma maior formação de carbetos nesta liga, tornando-a mais suscetível à corrosão [6]. A técnica de fundição realizada (técnica do maçarico), pode ter contribuído para as diferenças encontradas entre as ligas, quanto ao grau do efeito do hipoclorito de sódio 0,37% na rugosidade superficial e no aspecto de degradação observado em MEV. Para Craig (2004) [5], se o aquecimento atingir em torno de 100°C acima de suas temperaturas ótimas de fundição, as ligas podem tornar-se ricas em carbetos, devido à reação com o revestimento, causando incorporação do carbono à liga e interferindo em suas propriedades mecânicas e físicas, como na diminuição do módulo de elasticidade e na resistência à corrosão [5].

Reimann e Dorbrzanski (2013) [30] concluíram que uma modificação de apenas 30°C nas ligas de cobalto-cromo resultariam numa modificação da resistência a corrosão. A presença de diferentes elementos na composição das ligas também poderia explicar a maior suscetibilidade à corrosão da GM 800+. Em estudo prévio ainda não publicado, verificou-se a presença de ferro nesta liga ^{NR2}.

A análise do percentual de perda de massa (tabela 4) confirma esses achados, pois após 90 imersões em hipoclorito, verificou-se perda significativa de massa nas duas ligas estudadas, sendo que na liga GM 800+ (-0,27 %), o percentual de perda de massa foi cerca de 7 vezes maior (teste t - amostras independentes, $p < 0,05$) que o observado na liga CoCr® (-0,038%). Papadopoulos et al. (2011) [31] também relataram perda de massa para a liga de cobalto-cromo em solução de hipoclorito de sódio a 5,25%, mas considerou-a desprezível (-0,091%). Desta forma rejeita-se parcialmente a segunda hipótese, uma vez que somente os grupos submetidos ao agente hipoclorito demonstraram percentual de perda de massa estatisticamente diferente da água.

Ocorreram evidências de que a solução de hipoclorito de sódio 0,37% causou efeitos deletérios nas duas ligas utilizadas, tornando impeditiva sua indicação. A resistência à corrosão é considerado o fator mais importante na seleção de ligas metálicas que enfrentarão os meios hostis da cavidade oral, diretamente ligada com a perda de íons metálicos para o meio, que dependendo do tipo, podem causar alterações sistêmicas [6]. Estes efeitos foram detectados através do aumento

^{NR2} "Avaliação da superfície de duas ligas de Co-Cr submetidas a imersão em agentes limpadores" Borsa PCC, Braun KO, Otani AC, May LG e Paris AF.

gradual na rugosidade e corroborados com as imagens obtidas em MEV, que mostraram corrosão superficial generalizada ao longo do uso deste agente de limpeza e pela diminuição de suas massas. Estes efeitos vão ao encontro da literatura, que demonstra que hipocloritos podem causar danos à base metálica composta por Co-Cr [12,13,15,31,32].

A resistência flexural e o módulo de elasticidade, são muito importantes na avaliação do desempenho mecânico de uma liga metálica odontológica. Forças de grandes magnitudes podem ocorrer no ambiente bucal. Os resultados da análise destas duas propriedades mostraram não haver diferenças estatísticas significativas entre as diferentes soluções, para a liga CoCr®. A liga GM 800+ apresentou aumento significativo ($p=0,019$) na resistência flexural, quando comparada ao controle, não ocorrendo diferenças para o módulo de elasticidade ($p=0,158$). Como ocorreu influência do hipoclorito de sódio sobre a resistência flexural, a terceira hipótese foi parcialmente aceita. Estes achados se contrapõem aos do estudo de Papadopoulos et. al. (2011) [31] que encontraram diminuição significativa para a resistência flexural e módulos de elasticidade em uma liga de cobalto-cromo, quando submetida ao agente hipoclorito de sódio.

Quando comparadas entre si, as ligas demonstraram ser diferentes. A liga CoCr® mostrou-se mais resistente à agressão causada pelo hipoclorito de sódio, e apresentou valores maiores de resistência flexural e módulo de elasticidade quando comparados com os encontrados na liga GM-800+. Isso pode ser explicado pelas diferenças em suas composições onde uma menor quantidade de cobalto, como ocorre na GM 800+, pode diminuir o módulo de elasticidade, a dureza e a resistência à tração, assim como uma maior quantidade de carbono, de silício e manganês, o que também ocorre para essa liga. O acréscimo desses elementos têm, geralmente, o objetivo de tornarem as ligas mais fluídas ou agirem como desoxidantes, mas podem tornar a liga mais frágil e propensa a corrosão [8].

Embora o hipoclorito de sódio 0,37% tenha provocado aumento da resistência flexural em 90 imersões para uma das ligas, não modificando seu módulo elástico, as alterações superficiais e de massa, sugerem a contra-indicação no seu uso.

Estudos envolvendo a fadiga destas ligas, quando submetidas ao hipoclorito poderiam adicionar mais subsídios para sua recomendação ou contra-indicação. Partindo-se desses resultados, sugere-se que todos os produtos utilizados neste trabalho, à exceção do hipoclorito de sódio à 0,37%, poderiam ser tratamentos indicados como não deletérios para as duas ligas.

Estudos avaliando os efeitos destes e de outros agentes de limpeza sobre a superfície das ligas e sobre suas propriedades mecânicas em períodos mais longos ou em maior número de imersões, são necessários.

CONCLUSÕES

Com base nos achados e levando-se em conta as limitações do presente estudo, podemos concluir que:

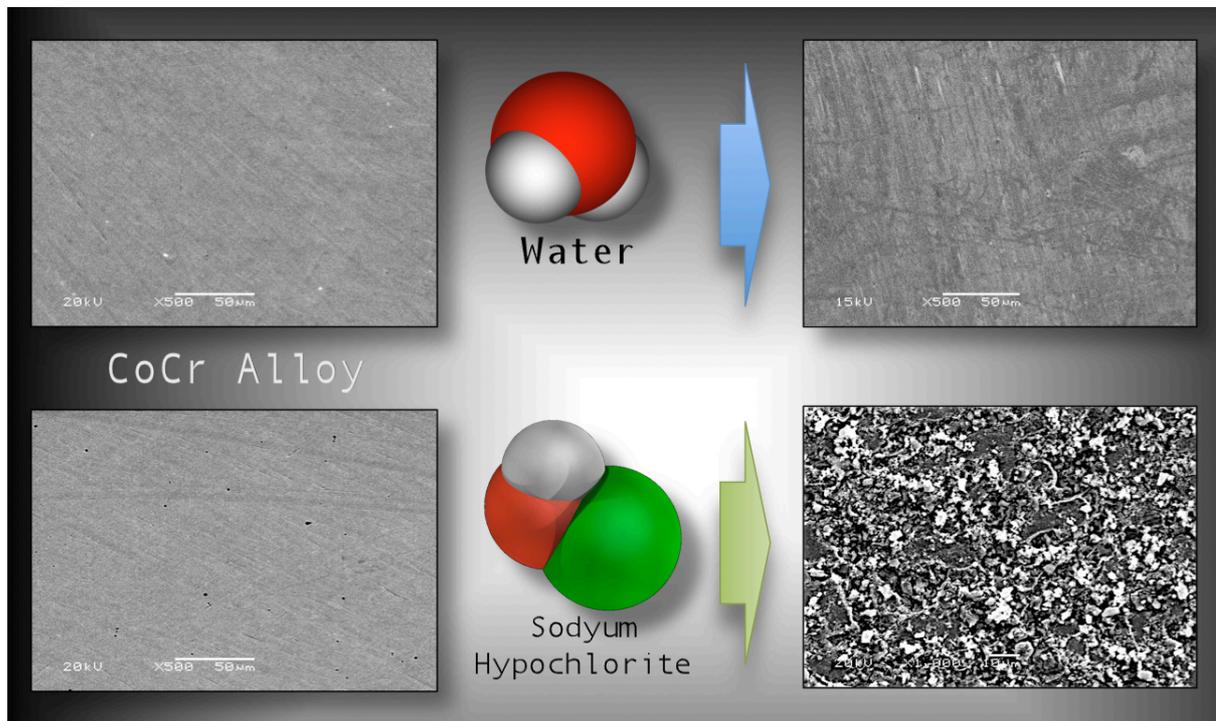
1. Os grupos experimentais apresentaram comportamentos semelhantes quanto aos valores de à rugosidade superficial, ao final das imersões nos diferentes agentes de limpeza, excetuando àqueles imersos em hipoclorito de sódio 0,37%. A liga Remanium GM 800+ demonstrou uma variação sensivelmente maior que a liga CoCr®.

2. Os percentuais de variação de massa obtidos foram insignificantes estatisticamente para as soluções quando comparadas ao controle, a exceção foi para a exposição ao hipoclorito de sódio 0,37%, onde houve variação significativa, ocorrendo perda de massa. Houve diferenças significativas entre as ligas quanto a variação percentual da perda de massa ocorrida, sendo estatisticamente maior na liga GM 800+.

3. Os grupos experimentais não demonstraram variações para o módulo de elasticidade (E) após a imersão nas diferentes soluções de limpeza quando comparados a seus controles. Já a resistência flexural (σ), apresentou variação aumentando no grupo submetido ao hipoclorito de sódio. Mais uma vez, a diferença foi notada na liga Remanium GM-800+.

4. Com exceção da solução de hipoclorito de sódio 0,37%, nenhuma das demais soluções avaliadas apresentou danos evidentes às superfícies das ligas.

Resumo gráfico (*Graphical Abstract*)



Destaques (*Highlights*)

- Examinou-se danos a estrutura e superfície de ligas de CoCr por agentes de limpeza.
- Houve incremento da rugosidade superficial após imersão no hipoclorito.
- Houve corrosão nos corpos de prova após imersão em hipoclorito de sódio 0,37%.
- Vinagre, ácido peracético e perborato de sódio têm comportamento semelhante a água.
- Não é aconselhado o uso de hipoclorito para aparelhos protéticos feitos em Co-Cr.

AGRADECIMENTOS

Ao TPD Eleomar Borges pela fundição dos corpos de prova.

Os autores afirmam não haver conflito de interesses.

REFERÊNCIAS

1. Gendreau, L. and Loewy, Z. G. Epidemiology and Etiology of Denture Stomatitis. *Journal of Prosthodontics* 2011;20: 251–260.
2. Martori, Elisenda et al. Risk factors for denture-related oral mucosal lesions in a geriatric population. *Journal of Prosthetic Dentistry* 2014;111(4): 273 - 279
3. Sharon, V and Nasim F. Oral candidiasis and angular cheilitis. *Dermatologic therapy* 2010; 23(3):230-242.
4. Budtz-Jorgensen, E, Stenderup, A, Grabowski, M. An epidemiologic study of yeasts in elderly denture wearers. *Community Dent. Oral Epidemiol* 1975;3:115-119.
5. Craig, RG. *Restorative Dental Materials*, Mosby, St. Louis, USA, 2004.
6. Upadhyay, D et al. Corrosion of alloys used in dentistry: A review. *Mater Sci Eng* 2006;432:1-11.
7. Zimmermann, J and Colombi Ciacchi, L. Mechanisms of initial oxidation of the Co(0001) and Cr(110) surfaces. *J Phys Chem* 2010;114:6614– 6623.
8. Anusavice, KJ, in Phillips, *Materiais Dentários de Skinner*. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2005.
9. Rudd, RW et al. Sterilization of complete dentures with sodium hypochlorite. *Journal of Prosthetic Dentistry* 1984;51(3):318 - 321
10. Chau, VB et al. In-depth disinfection of acrylic resins. *J Prosthet Dent*, 1995;74: 309-313.
11. Fernandes, FSF et al. Efficacy of denture cleansers on *Candida spp.* biofilm formed on polyamide and polymethyl methacrylate resins. *J Prosthet Dent*. 2011;105:51-58.
12. Kastner, C, Savare, CW and Scandrett, FR. Effects of chemical denture cleansers on the flexibility of cast clasps. *J Prosthet Dent* 1983;50:473-478.
13. Keyf, F and Güngör, T. Comparison of Effects of bleach and cleansing tablet on reflectance and surface changes of a dental alloy used for removable partial dentures. *J Bio Mat Appl*. 2003;18(1):5-14.
14. Shay, K. Denture hygiene: a review and update. *J contemp Dent Pract* 2000;1(2):1-8.
15. Budtz-Jorgensen, E. Materials and methods for cleaning dentures. *J Prosthet Dent*, Saint Louis, Dec.1979;42(6):619-623.
16. Pinto, TM et al. Vinegar as an antimicrobial agent for control of *Candida spp.* in complete denture wearers. *J Appl Oral Sci* 2008;16(6):390.
17. Roessler, D. M. Complete denture success for patients and dentists. *Int Dental J* 2003; 53:340-45.
18. Catão, CD et al. Chemical substance efficiency in the biofilm removing in complete dentadure. *Rev Odont UNESP* 2007; 36(1):53-60.
19. Kulak-Ozkan, Y. et al. Scanning Electron Microscopic examination of different cleansers: surface contaminant removal from dentures. *J Oral Rehab* 1997;24(6):209-15.
20. Chassot, ALC, Poisl, MI and Samuel, SMW. *In vivo* and *in vitro* evaluation of the efficacy of a peracetic acid-based disinfectant for decontamination of acrylic resins. *Braz Dent J* 2006;17(2):117-121.

21. Wagner, A. G. Instructions for the use and care of removable partial dentures. *J Prosthet Dent* 1971;26(5):477-80.
22. BSG, E. "Cleaning and disinfection of equipment for gastrointestinal endoscopy. Report of a working party of the British Society of Gastroenterology Endoscopy Committee." *Gut* 42.4 (1998): 585.
23. Rutala, WA, Gergen, MF and Weber, DJ. "Comparative evaluation of the sporicidal activity of new low-temperature sterilization technologies: ethylene oxide, 2 plasma sterilization systems, and liquid peracetic acid." *American journal of infection control* 1998; 26(4): 393-398.
24. Svidzinski, AE et al. Eficiência do ácido peracético no controle de *Staphylococcus aureus* meticilina resistente. *Ciência, Cuidado e Saúde* 2007;6:312-318.
25. Cardoso, L. M. Avaliação da resistência à flexão de liga de titânio submetida a soldagens laser e TIG, visando prótese dentária. 2007. 126p. Diss. Dissertação de mestrado, Instituto de pesquisas energéticas e nucleares–lasers em odontologia, São Paulo.
26. Quirynen M, et al. The Influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation.. *J Clin Periodontol* 1990;17:138-144.
27. Bollen, CM, Lambrechts, P and QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mat* 1997;13:258–69.
28. Padilha F, Guedes L. Aços Inoxidáveis Austeníticos: Microestrutura e Propriedades. 3 ed. São Paulo - SP. Escola Polotécnica da Universidade de São Paulo,1994.
29. Viennot S et al. Corrosion resistance of cobalt-chromium and palladium-silver alloys used in fixed prosthetic restorations. *Eur J Oral Sci* 2005;113: 90–95.
30. Reimann L, Dobrzański LA, Influence of the casting temperature on dental Co-base alloys properties, *Archives of Materials Science and Engineering* 2013;60(1):5-12.
31. Papadopoulos, T, et al. "The effect of disinfecting solutions on bending properties and weight changes of Co-Cr and Ti-6Al-7Nb alloys for dentures." *Odontology* 99.1 (2011): 77-82.
32. Felipucci, DN et al. Effect of different cleansers on the surface of removable partial denture. *Braz Dent J* 2011;22:392-397.

4 CONCLUSÃO

Com base nos achados e levando-se em conta as limitações do presente estudo, podemos concluir que:

1. Os grupos experimentais apresentaram comportamentos semelhantes quanto aos valores de à rugosidade superficial, ao final das imersões nos diferentes agentes de limpeza, excetuando àqueles imersos em hipoclorito de sódio 0,37%. A liga Remanium GM 800+ demonstrou uma variação sensivelmente maior que a liga CoCr®.

2. Os percentuais de variação de massa obtidos foram insignificantes estatisticamente para as soluções quando comparadas ao controle, a exceção foi para a exposição ao hipoclorito de sódio 0,37%, onde houve variação significativa, ocorrendo perda de massa. Houve diferenças significativas entre as ligas quanto a variação percentual da perda de massa ocorrida, sendo estatisticamente maior na liga GM 800+.

3. Os grupos experimentais não demonstraram variações para o módulo de elasticidade (E) após a imersão nas diferentes soluções de limpeza quando comparados a seus controles. Já a resistência flexural (σ), apresentou variação aumentando no grupo submetido ao hipoclorito de sódio. Mais uma vez, a diferença foi notada na liga Remanium GM-800+.

4. Com exceção da solução de hipoclorito de sódio 0,37%, nenhuma das demais soluções avaliadas apresentou danos evidentes às superfícies das ligas.

REFERÊNCIAS

- ABELSON, D. C. Denture plaque and denture cleansers. **Journal of Prosthetic Dentistry**, St. Louis, Apr. 1981;45(4):376-679.
- ANTHONY D. H.; GIBBONS P. The nature of denture cleansing. **Journal of Prosthetic Dentistry**, Saint Louis, 1957;8:796-810.
- ANUSAVICE, K.J.; PHILLIPS, *Materiais Dentários de Skinner*. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 2005.
- ASGAR, K.; ALLAN, F. C. Microstructure and physical properties of alloys for partial Denture castings. **Journal of Dental Research**., 47: 189-97, 1968.
- BACKENSTOSE, W. H.; WELLS, J. G. Side effects of immersion-type cleansers on the metal components of dentures. **Journal of Prosthetic Dentistry** 1977;37:615-621.
- BARNABÉ W.; DE MENDONÇA NETO T.; PIMENTA F. C.; PEGORARO L. F.; SCOLARO J. M. Efficacy of sodium hypochlorite and coconut soap used as disinfecting agents in the reduction of denture stomatitis, *Streptococcus mutans* and *Candida albicans*. **Journal of Oral Rehabilitation** May 2004;31(5):453-59.
- BOLLEN, C. M.; LAMBRECHTS, P.; QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. **Dental Materials** 1997;13:258–69.
- BSG, E. "Cleaning and disinfection of equipment for gastrointestinal endoscopy. Report of a working party of the British Society of Gastroenterology Endoscopy Committee." *Gut* 42.4 (1998): 585.
- BUDTZ-JORGENSEN, E.; STENDERUP, A.; GRABOWSKI, M. An epidemiologic study of yeasts in elderly denture wearers. **Community Dentistry and Oral Epidemiology** 1975;3:115-119.
- BUDTZ-JORGENSEN, E. Materials and methods for cleaning dentures. **Journal of Prosthetic Dentistry**, Saint Louis, Dec.1979;42(6):619-623.
- CATÃO, C. D.; RAMOS, I. N. C.; SILVA NETO, A. U. D.; DIAS, A. H. M. Chemical substance efficiency in the biofilm removing in complete dentadure. **Revista Odontológica da UNESP** 2007; 36(1):53-60.
- CARDOSO, L. M. Avaliação da resistência à flexão de liga de titânio submetida a soldagens laser e TIG, visando prótese dentária. 2007. 126p. Diss. Dissertação de mestrado, Instituto de pesquisas energéticas e nucleares–lasers em odontologia, São Paulo.

CHASSOT, A. L. C.; POISL, M. I.; SAMUEL, S. M. W. *In vivo* and *in vitro* evaluation of the efficacy of a peracetic acid-based disinfectant for decontamination of acrylic resins. **Brazilian Dental Journal** 2006;17(2):117-121.

CHAU, V.B.; SAUNDERS, T.R.; PIMSLER, M.; ELFRING, D.R.: In-depth disinfection of acrylic resins. **Journal of Prosthetic Dentistry**, 1995; 74: 309-313.

Council on Dental Therapeutics and Council on Prosthetic Services and Dental Laboratory Relations and Guidelines for infection control in the dental office and the commercial dental laboratory. **Journal of American Dental Association** 1985;110:969.

CRAIG RG, Powers JM. *Materiais dentários restauradores*. 11 ed. São Paulo: Santos; 2004.

DENTURE CLEANSER. Council on Dental Materials, Instruments and Equipment. **Journal of American Dental Association**, Chicago, v.106, n.1, p.77-79, Jan. 1983.

DILLS, S. S. et al. Comparison of the antimicrobial capability of an abrasive paste and chemical-soak denture cleansers. **Journal Prosthetic Dentistry**, St. Louis, Oct. 1988;60(4):467-470.

ESPEVIK, S. "Corrosion of base metal alloys in vitro." **Acta Odontologica** 36.3 (1978): 113-116.

FELIPUCCI, D. N. et al. Effect of different cleansers on the surface of removable partial denture. **Brazilian Dental Journal** 22 (2011): 392-397.

FERNANDES, F. S. F. et al. Efficacy of denture cleansers on *Candida spp.* biofilm formed on polyamide and polymethyl methacrylate resins. **Journal of Prosthetic Dentistry** Jan. 2011;105:51-58.

GENDREAU, L. e LOEWY, Z. G. Epidemiology and Etiology of Denture Stomatitis. **Journal of Prosthodontics** 2011;20: 251–260.

GHALICHEBAF, M.; GRASER, G. N.; ZANDER, H. A. The efficacy of denture-cleansing agents. **Journal of Prosthetic Dentistry** Nov. 1982;48(5):515-520.

HUTCHINS, D. W.; PARKER, W. A. A clinical evaluation of the ability of denture cleaning solutions to remove dental plaque from prosthetic devices. **N. Y. State Dental Journal**, 1973;39:363-67.

JAGGER, D. C.; HARRISON, A. Denture cleansing--the best approach. **British Dental Journal** 178.11 (1995): 413-417.

KASTNER, C.; SAVARE, C. W.; SCANDRETT, F. R. Effects of chemical denture cleansers on the flexibility of cast clasps. **Journal Prosthetic Dentistry** 1983;50:473-478.

KEYF, F.; GÜNGÖR, T. Comparison of Effects of bleach and cleansing tablet on reflectance and surface changes of a dental alloy used for removable partial dentures. **Journal of Biomaterials Applications**, Lancaster, July 2003;18(1):5-14.

KULAK-OZKAN, Y. et al. Scanning Electron Microscopic examination of different cleansers: surface contaminant removal from dentures. **Journal of Oral Rehabilitation**, London 1997;24(6):209-15.

LANGWELL W. H. The cleansing of artificial dentures. **British Dental Journal**, London, 1955;99:337-39.

LEE, D. et al. Susceptibility of MRSA biofilms to denture-cleansing agents. **FEMS Microbiology Letters** Feb. 2009;291(2):241-46.

MARCHINI, L.; TAMASHIRO, E.; NASCIMENTO, D. F.; CUNHA, V. P. Self-reported denture hygiene of a sample of edentulous attendees at a University dental clinic and the relationship to the condition of the oral tissues. **Gerodontology**, Londres, 2004;21:226-8.

MARTORI, E. et al. Risk factors for denture-related oral mucosal lesions in a geriatric population. **Journal of Prosthetic Dentistry** 2014;111(4): 273 - 279

McGOWAN, M. J.; SHIMODA, L. M.; WOOLSEY, G. D. Effects of sodium hypochlorite on denture base metals during immersion for short-term sterilization. **Journal of Prosthetic Dentistry**, St Louis, Aug. 1988;60(2):212-18.

MOORE, T. C.; SMITH, D. E.; KENNY, G. E. Sanitization of dentures by several denture hygiene methods. **Journal of Prosthetic Dentistry** 1984 Aug;52(2):158-63.

de MORAIS, L. S.; GUIMARÃES, G. S.; ELIAS, C. N. "Liberação de íons por biomateriais metálicos." (2007). **Revista Dental Press Ortodontia Ortopedia Facial**, Maringá, v. 12, n. 6, p. 48-53, nov./dez. 2007

NEILL, D. J. A study of materials and methods employed in cleaning dentures. **British Dental Journal** 1968;124:107.

NIKAWA, H.; HAMADA, T.; YAMASHIRO, H.; KUMAGAI, H. A review of in vitro and in vivo methods to evaluate the efficacy of denture cleansers. **The International Journal of Prosthodontics** Mar./Apr. 1999;12(2):153-159.

PADILHA F, Guedes L. Aços Inoxidáveis Austeníticos: Microestrutura e Propriedades. 3 ed. São Paulo - SP. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1994.

PAPADOPOULOS, T, et al. "The effect of disinfecting solutions on bending properties and weight changes of Co-Cr and Ti-6Al-7Nb alloys for dentures." **Odontology** 99.1 (2011): 77-82.

PINTO, T. M.; NEVES, A. C.; LEÃO, M. V.; JORGE, A. O. Vinegar as an antimicrobial agent for control of *Candida* spp. in complete denture wearers. **Journal of Applied Oral Science** Nov-Dec 2008;16(6):390.

QUIRYNEN M, et al. The Influence of surface free energy and surface roughness on early plaque formation. **Journal of Clinical Periodontology** 1990;17:138-144.

REIMANN L. e DOBRZAŃSKI, L. A., Influence of the casting temperature on dental Co-base alloys properties. **Archives of Materials Science and Engineering** 2013;60(1):5-12.

ROESSLER, D. M. Complete denture success for patients and dentists. **International Dental Journal** 2003; 53:340-45.

ROSSATO, M. B. et al. Analysis of the effectiveness of different hygiene procedures used in dental prostheses. **Oral Health & Preventive Dentistry**, v. 9, n. 3, p. 221-227, 2011.

RUDD, R. W. et al. Sterilization of complete dentures with sodium hypochlorite. **Journal of Prosthetic Dentistry** 1984;51(3):318 - 321

RUTALA, W. A.; GERGEN, M. F.; WEBER, D. J. Comparative evaluation of the sporicidal activity of new low-temperature sterilization technologies: ethylene oxide, 2 plasma sterilization systems, and liquid peracetic acid. **American Journal of Infection Control** 26.4 (1998): 393-398.

SESMA, N. et al. Eficiência de métodos caseiros de higienização e limpeza de próteses parciais removíveis. **Revista da APCD**, 1999; 53: p. 463-468.

SEXSON, J. C.; PHILLIPS, R. W. Studies on the Effects of Abrasives on Acrylic Resins, **Journal of Prosthetic Dentistry** 1951;1:454.

de SOUZA, R. F. et al. Interventions for cleaning dentures in adults. status and date: New, published in, n. 4, **The Cochrane Library** 2009.

SHARON, V. e NASIM, F. Oral candidiasis and angular cheilitis. **Dermatologic Therapy** 2010; 23(3):230-242.

SHAY, K. Denture hygiene: a review and update. **Journal of Contemporary Dental Practice**, Cicinati, Feb. 2000;1(2):1-8.

SVIDZINSKI, A. E. et al. Eficiência do ácido peracético no controle de *Staphylococcus aureus* metilina resistente. **Ciência, Cuidado e Saúde** 2007;6:312-318.

TAYLOR, R.; MARYAN, C.; VERRAN, J. Retention of oral microorganisms on cobalt-chromium alloy and dental acrylic resin with different surface finishes. **Journal of Prosthetic Dentistry** 1998; 80:592- 97.

UPADHYAY, D. et al. Corrosion of alloys used in dentistry: A review. **Materials Science Engineering** 2006;432:1-11.

VIENNOT, S. et al. Corrosion resistance of cobalt-chromium and palladium-silver alloys used in fixed prosthetic restorations. **European Journal of Oral Sciences** 2005;113: 90–95.

WAGNER, A. G. Instructions for the use and care of removable partial dentures. **Journal of Prosthetic Dentistry** 1971;26(5):477-80.

WEBB, B. C. The effect of sodium Hypochlorite on potential pathogenic traits of *Candida albicans* and other *Candida* species. **Oral Microbiology and Immunology**, Denmark, Dec. 1995;10(6):334-41.

WOSTMANN, B. et al. Indications for removable partial dentures: a literature review. **International Journal of Prosthodontics** 2005;18:139-45.

ZIMMERMANN, J.; COLOMBI CIACCHI, L. Mechanisms of initial oxidation of the Co(0001) and Cr(110) surfaces. **The Journal of Physical Chemistry** 2010;114:6614– 6623.

ANEXO A – Normas para publicação no periódico Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials.

ISSN: 1751-6161

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

INTRODUCTION

Authors are requested to submit a cover letter that clearly states the novelty of the work presented in their manuscript.

Types of Contributions

Research Paper: A full-length article describing original research. There is no limit on the number of words, figures etc but authors should be as succinct as possible.

Review Article: An article which reviews previous work in a given field. Reviews are written by invitation only but the editor would welcome suggestions.

Technical Note: A short article describing a new experimental technique or analytical approach.

Short Communication: An article presenting new work in reduced form, which for some reason is not suitable for a full research paper. For example a case study.

Opinion Piece: A short article presenting the author's opinion on a particular question. Normally shorter and less comprehensive than a review article, making use of published and/or unpublished results.

Tutorial: An article of an educational nature, explaining how to use a particular experimental technique or analytical method. Normally written by invitation only but the editor welcomes suggestions.

Please ensure that you select the appropriate article type from the list of options when making your submission. Authors contributing to **special issues** should ensure that they select the special issue article type from this list.

The journal also accepts **letters**, which should be sent directly to the editor in chief for consideration.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Conflict of interest

All authors are requested to disclose any actual or potential conflict of interest including any financial, personal or other relationships with other people or organizations within three years of beginning the submitted work that could inappropriately influence, or be perceived to influence, their work. See also <http://www.elsevier.com/conflictsofinterest>. Further information and an example of a Conflict of Interest form can be found at: http://help.elsevier.com/app/answers/detail/a_id/286/p/7923.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service CrossCheck <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

Changes to authorship

This policy concerns the addition, deletion, or rearrangement of author names in the authorship of accepted manuscripts:

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 4

Before the accepted manuscript is published in an online issue : Requests to add or remove an author, or to rearrange the author names, must be sent to the Journal Manager from the corresponding author of the accepted manuscript and must include: (a) the reason the name should be added or removed, or the author names rearranged and (b) written confirmation (e-mail, fax, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed. Requests that are not sent by the corresponding author will be forwarded by the Journal Manager to the

corresponding author, who must follow the procedure as described above. Note that: (1) Journal Managers will inform the Journal Editors of any such requests and (2) publication of the accepted manuscript in an online issue is suspended until authorship has been agreed.

After the accepted manuscript is published in an online issue: Any requests to add, delete, or rearrange author names in an article published in an online issue will follow the same policies as noted above and result in a corrigendum.

Copyright

This journal offers authors a choice in publishing their research: Open Access and Subscription.

For Subscription articles Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (for more information on this and copyright, see <http://www.elsevier.com/copyright>). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement. Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations (please consult <http://www.elsevier.com/permissions>). If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases: please consult <http://www.elsevier.com/permissions>. For Open Access articles Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (for more information see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement>). Permitted reuse of open access articles is determined by the author's choice of user license (see <http://www.elsevier.com/openaccesslicenses>).

Retained author rights

As an author you (or your employer or institution) retain certain rights. For more information on author rights for: Subscription articles please see <http://www.elsevier.com/journal-authors/author-rights-and-responsibilities>.

Open access articles please see <http://www.elsevier.com/OAauthoragreement> .

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established agreements and developed policies to allow authors whose articles appear in journals published by Elsevier, to comply with potential manuscript archiving requirements as specified as conditions of their grant awards. To learn more about existing agreements and policies please visit <http://www.elsevier.com/fundingbodies>.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Open Access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse
- An Open Access publication fee is payable by authors or their research funder

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 5

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups through

our access programs (<http://www.elsevier.com/access>)

- No Open Access publication fee

All articles published Open Access will be immediately and permanently free for everyone to read and download. Permitted reuse is defined by your choice of one of the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY) : lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution - Non Commercial - Share Alike (CC BY-NC-SA): for noncommercial

purposes, lets others distribute and copy the article, to create extracts, abstracts and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), to include in a collective work (such as an anthology), to text and data mine the article, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation, and license their new adaptations or creations under identical terms (CC BY-NC-SA). Creative Commons Attribution - Non Commercial - No Derivs (CC BY-NC-ND) : for noncommercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

To provide Open Access, this journal has a publication fee which needs to be met by the authors or their research funders for each article published Open Access. Your publication choice will have no effect on the peer review process or acceptance of submitted articles.

The publication fee for this journal is \$2500, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <http://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the English Language Editing service available from Elsevier's WebShop. (<http://webshop.elsevier.com/languageediting/>) or visit our customer support site (<http://support.elsevier.com>) for more information.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, these source files are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

PREPARATION

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or layout that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 6

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions. If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes. Divide the article into clearly defined sections.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file.

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic

text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the Guide to Publishing with Elsevier:

<http://www.elsevier.com/guidepublication>). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

LaTeX

You are recommended to use the Elsevier article class `elsarticle.cls` (<http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/elsarticle>) to prepare your manuscript and BibTeX (<http://www.bibtex.org>) to generate your bibliography.

For detailed submission instructions, templates and other information on LaTeX, see <http://www.elsevier.com/latex> .

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Theory/calculation

A Theory section should extend, not repeat, the background to the article already dealt with in the Introduction and lay the foundation for further work. In contrast, a Calculation section represents a practical development from a theoretical basis.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and discussion of published literature.

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 7

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- Title. Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.
- Author names and affiliations. Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- Corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. Ensure that phone numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address.

Contact details must be kept up to date by the corresponding author.

- Present/permanent address. If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from

the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

A Graphical abstract is mandatory for this journal. It should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership online. Authors must provide images that clearly represent the work described in the article. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files.

See <http://www.elsevier.com/graphicalabstracts> for examples.

Authors can make use of Elsevier's Illustration and Enhancement service to ensure the best presentation of their images also in accordance with all technical requirements: Illustration Service .

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

See <http://www.elsevier.com/highlights> for examples.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmabbm 8

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other quantities are mentioned, give their equivalent in SI. Authors wishing to present a table of nomenclature should do so on the second page of their manuscript.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many wordprocessors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Table footnotes

Indicate each footnote in a table with a superscript lowercase letter.

Artwork

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website:

<http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color on the Web (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article. Please indicate your preference for color: in print or on the Web only. For further information on the preparation of electronic artwork, please see <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Please note: Because of technical complications which can arise by converting color figures to 'gray scale' (for the printed version should you not opt for color in print) please submit in addition usable black and white versions of all the color illustrations.

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 9

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (not on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is encouraged.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. Two authors: both authors' names and the year of publication;
3. Three or more authors: first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999). Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 10

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York.

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the List of Title Word Abbreviations:

<http://www.issn.org/services/online-services/access-to-the-ltwa/> .

Video data

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the files in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 50 MB. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>.

Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our video instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

AudioSlides

The journal encourages authors to create an AudioSlides presentation with their published article.

AudioSlides are brief, webinar-style presentations that are shown next to the online article on ScienceDirect. This gives authors the opportunity to summarize their research in their own words and to help readers understand what the paper is about. More information and examples are available at <http://www.elsevier.com/audioslides> . Authors of this journal will automatically receive an invitation e-mail to create an AudioSlides presentation after acceptance of their paper.

Supplementary data

Elsevier accepts electronic supplementary material to support and enhance your scientific research.

Supplementary files offer the author additional possibilities to publish supporting applications,

highresolution images, background datasets, sound clips and more. Supplementary files supplied will be published online alongside the electronic version of your article in Elsevier Web products, including ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>. In order to ensure that your submitted material is directly usable, please provide the data in one of our recommended file formats. Authors should submit the material in electronic format together with the article and supply a concise and descriptive caption for each file. For more detailed instructions please visit our artwork instruction pages at <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

MATLAB FIG files

MATLAB FIG files (optional): You can enrich your online articles by providing supplementary MATLAB figure files with the .FIG file extension. These files will be visualized using an interactive viewer that allows readers to explore your figures within the article. The FIG files can be uploaded in our online submission system, and will be made available to download from your online article on ScienceDirect. For more information, please see <http://www.elsevier.com/matlab>.

Interactive plots

This journal encourages you to include data and quantitative results as interactive plots with your publication. To make use of this feature, please include your data as a CSV (comma-separated values) file when you submit your manuscript. Please refer to <http://www.elsevier.com/interactiveplots> for further details and formatting instructions.

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 11

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address
- Telephone

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All figure captions
- All tables (including title, description, footnotes)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)
- Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print
- If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://support.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE

Use of the Digital Object Identifier

The Digital Object Identifier (DOI) may be used to cite and link to electronic documents. The DOI consists of a unique alpha-numeric character string which is assigned to a document by the publisher upon the initial electronic publication. The assigned DOI never changes. Therefore, it is an ideal medium for citing a document, particularly 'Articles in press' because they have not yet received their full bibliographic information. Example of a correctly given DOI (in URL format; here an article in the journal Physics Letters B):

<http://dx.doi.org/10.1016/j.physletb.2010.09.059>. When you use a DOI to create links to documents on the web, the DOIs are guaranteed never to change.

Online proof correction

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor.

Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF. We will do everything possible to get your article published quickly and accurately - please upload all of your corrections within 48 hours. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one

communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility. Note that Elsevier may proceed with the publication of your article if no response is received.

Offprints

The corresponding author, at no cost, will be provided with a PDF file of the article via email (the PDF file is a watermarked version of the published article and includes a cover sheet with the journal cover image and a disclaimer outlining the terms and conditions of use). For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's WebShop (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints>).

Authors requiring printed copies of multiple articles may use Elsevier WebShop's 'Create Your Own Book' service to collate multiple articles within a single cover (<http://webshop.elsevier.com/myarticleservices/offprints/myarticlesservices/booklets>).

AUTHOR INFORMATION PACK 28 May 2014 www.elsevier.com/locate/jmbbm 12

AUTHOR INQUIRIES

For inquiries relating to the submission of articles (including electronic submission) please visit this journal's homepage. For detailed instructions on the preparation of electronic artwork, please visit <http://www.elsevier.com/artworkinstructions>. Contact details for questions arising after acceptance of an article, especially those relating to proofs, will be provided by the publisher. You can track accepted articles at <http://www.elsevier.com/trackarticle>. You can also check our Author FAQs at <http://www.elsevier.com/authorFAQ> and/or contact Customer Support via <http://support.elsevier.com>.