

# Análise Comparativa do Desgaste de Materiais Odontológicos Através de Tribômetro Callowear – ensaio “in vitro”

Comparative Analysis of Dental Materials Wear Measurement with Callowear Tribometer – an “in vitro” study

Collares, F.M.<sup>1</sup>; Schwartzter, E.<sup>2</sup>; Ogliari, F.A.<sup>3</sup>; Pereira, A.S.<sup>4</sup>; Samuel, S.M.W.<sup>5</sup>.

## Abstract

The aim of present study was to evaluate the wear coefficient of different dental materials submitted to ballcratering test. Different restorative materials were compared to bovine enamel. The samples were made with nylon matrix stripes and had 7mm diameter and 2mm thickness. The samples were submitted to the ballcratering test in a Calowear tribometer (CSEM Instruments Advanced Mechanical Surface Testing) and maded six measures in each sample with different revolutions of the ball: 10, 20, 30, 40, 50 and 60 revolutions. After the crattering generation the samples were avaliated to a Zeiss AxioTech Vario Microscope with SVGA Cam and all cratters photographed. After, the photos were evaluated at UTHSCSA ImageTool for Windows 3.0 and the meaning of measured radius were inserted at SigmaPlot, that gave the wear coefficients by linear regression. To bovine enamel the coefficient was  $3,83 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ , to microhybrid resin was  $3,6542 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ ,  $2,06 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$  to amalgam and  $2,18 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$  to acrylic resin. In conclusion, bovine teeth presented higher wear resistance and lower wear coefficient than composite resin, amalgam and acrylic resin.

**Keywords:** dental wear; amalgam; acrylic resin; composite resins

## Resumo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o coeficiente de resistência ao desgaste de diferentes materiais odontológicos submetidos ao ensaio de micro-abrasão através da metodologia de ball-cratering. Para isso foram avaliados diferentes materiais restauradores em comparação com o esmalte bovino. As amostras foram confeccionadas através de matrizes de nylon bipartida, com 7mm de diâmetro e 2mm de espessura em negativo e após, a resistência ao desgaste foi avaliada em um ensaio de micro abrasão (Ball cratering test) realizado em tribômetro modelo Calowear (CSEM Instruments Advanced Mechanical Surface Testing). Em cada corpo de prova foram feitas seis medições com variação no número de voltas realizadas pela esfera: 10, 20, 30, 40, 50 e 60 voltas. Após a realização das crateras o corpo de prova foi levado a um Zeiss AxioTech Vario Microscope com câmera SVGA acoplada onde foram fotografadas todas as crateras geradas e após, foram analisadas em UTHSCSA ImageTool for Windows versão 3.0, os valores de raio médio das marcas foram, então levados ao SigmaPlot versão 8.0 que através da correlação dos dados determinou o coeficiente de desgaste através de uma regressão linear. Para os corpos de esmalte bovino foi encontrado o coeficiente de desgaste de  $3,83 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ , para resina composta micro híbrida  $3,6542 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ , para amálgama de prata  $2,06 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$  e para resina acrílica autopolimerizável foi de  $2,18 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$ . Após a execução dos ensaios chega-se a conclusão que o esmalte bovino apresentou maior resistência e menor coeficiente de desgaste, seguido por resina composta, amálgama de prata e resina acrílica autopolimerizável.

**Palavras-chave:** Desgaste Dentário; Amálgama de Prata; Resina Acrílica; Resinas Compostas.

<sup>1</sup> Pós-graduando em Clínica Odontológica – Nível Doutorado (Laboratório de Materiais Dentários – UFRGS)

<sup>2</sup> Pós-graduando em Clínica Odontológica – Nível Mestrado (Laboratório de Materiais Dentários – UFRGS)

<sup>3</sup> Doutor em Dentística

<sup>4</sup> Professor Pós-graduação em Física – Laboratório de Altas Pressões e Materiais Avançados do Instituto de Física da UFRGS- UFRGS

<sup>5</sup> Professora Titular de Materiais Dentários - UFRGS

**Correspondência:** Fabrício Mezzomo Collares, DDS, MSc, PhD. LAMAD - Laboratório de Materiais Dentários, Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
**Endereço:** R. Ramiro Barcelos, 2492 – CEP 90035003, Porto Alegre – RS, Brasil  
**E-mail:** fabricio.collares@ufrgs.br

Data de Submissão: 23/09/2009

Data de Aceite: 29/04/2010

## Introdução

O desgaste é o fenômeno de remoção de componentes de um material por complexos processos físicos e químicos que levam à deformação, fratura, dissolução ou colapso de uma estrutura. O desgaste dental é considerado um processo fisiológico e natural (ZHENG; ZHOU, 2007), porém trata-se de um fenômeno multifatorial que resulta da inter-relação entre os fenômenos de atrição, abrasão e erosão (EISENBÜRGER; ADDY, 2002a). Na escolha de um material restaurador, o conhecimento da resposta do material ao sistema de degradação que promove o desgaste é de grande importância para sua seleção.

Idealmente, o material que irá substituir o tecido perdido deve apresentar resistência ao desgaste similar ao dente. Diferenças acentuadas podem levar a disfunções no sistema estomatognático, uma vez que uma resistência ao desgaste elevada do material pode levar a um desgaste excessivo do dente antagonista, e resistências menores podem reduzir a durabilidade das restaurações sendo necessária a sua substituição (KOCZOROWSKI; WLOCH, 1999).

A avaliação da resistência ao desgaste de materiais in vitro ainda não possui um modelo definitivo (FERRACANE, 2006), devido ao caráter multifatorial dos processos de desgaste. A determinação da resistência ao desgaste através de modelos in vitro de materiais permite o controle de um grande número de variáveis como o tipo de abrasivo a ser utilizado, a força aplicada sobre os corpos de prova, o número de ciclos, tempo, força, frequência, deslocamento, tipo de lubrificante, durezas, módulos de Poisson e módulos elásticos de ambos os materiais, período do teste, força da fricção.

Nos estudos que utilizam equipamentos que visam avaliar o desgaste de três corpos há uma tentativa de imitar o ambiente oral e as variáveis biológicas com a adição de uma mistura fluida e abrasiva entre os corpos. Ensaio cada vez mais difundido na comunidade científica é o de micro-abrasão utilizando a metodologia de “ballcratering”. Este ensaio pode ser executado em pequenas amostras e apresenta como principal vantagem a possibilidade de a resistência ao desgaste poder ser determinada através de parâmetros cuidadosamente controlados que poderão ser reproduzidos a qualquer momento (GEE et al., 2003).

O objetivo do presente estudo é avaliar o coeficiente de resistência ao desgaste de diferentes materiais odontológicos submetidos ao ensaio de micro-abrasão através da metodologia de ball-cratering.

## Materiais e Métodos

Com a finalidade de avaliar, através do método Ball-cratering, diferentes materiais odontológicos. Foram avaliados materiais restauradores (tabela 1) em comparação com o esmalte bovino. Para cada grupo cinco corpos-de-prova foram produzidos.

Tabela 1. Materiais utilizados no estudo.

Produto	Nome	Composição	Fabricante
Esmalte bovino	-----	-----	-----
Resina Composta híbrida	Filtek Z250	Carga Inorgânica (Zircônio/silica) 60% do volume com um tamanho de partícula entre 0.01 e 3.5 microns. BIS-GMA, UDMA e BISEMA. Encore-GMA, UDMA, Encore-EMU, Zirconia/Silicone 60% (0.01 to 3.5 micrometros)	3M ESPE
Amálgama de prata	Velvalloy	70,3%Ag; 25,9%Sn; 2,75%Cu; 0,93%Zn.	SSWhite
Resina Acrílica Autopolimerizável	Clássico	Monômero Metilmetacrilato; DMT; Copolímero Metilmetacrilato.	Clássico

### Confecção das amostras

Devido ao presente estudo trabalhar com material animal, ele foi submetido à avaliação do Comissão de Pesquisa e ao Comitê de Ética da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, sendo iniciado somente após a sua aprovação.

Visando a padronização das amostras foram previamente confeccionadas matrizes de nylon bipartida, com 7 mm de diâmetro e 2 mm de

espessura em negativo, que serviram de padrão para a confecção de todos corpos de prova. Estas dimensões foram respeitadas para haver diâmetro suficiente para a realização de várias crateras e espessura que dê constância ao material analisado.

Para o ensaio de ballcratering em esmalte foram utilizados dentes incisivos bovinos previamente acondicionados em água destilada a 06 °C por no máximo um mês e que foram preparados através do desgaste seletivo da superfície vestibular em desgastador de modelos sob irrigação até possuírem uma área plana compatível para a realização dos ensaios. À exceção dos corpos de prova de outros materiais, e devido ao formato e sua topografia, os corpos de esmalte bovino não puderam ser transformados em discos, porém, foi respeitada a espessura mínima de 2mm para haver confiabilidade da amostra. Após o preparo, os dentes permaneceram em água destilada até a realização do ensaio, evitando assim sua desidratação.

Para a confecção dos corpos de prova de resina composta foi utilizada a matriz confeccionada em nylon, a resina foi inserida em incrementos únicos. Foram colocadas sobre e abaixo da matriz tiras de poliéster, visando obter superfície mais plana possível e sem falhas, após, foram fotoativadas por 30 s.

O material foi manipulado em amalgamador da (Gnatus modelo Amalga Mix II) por 30 s, sendo inserido e condensado na matriz e removido apenas após sua cristalização completa. O corpo de prova foi incluído em resina acrílica autopolimerizável e após

uma semana foi submetido ao acabamento e polimento necessário para a análise, permitindo assim a completa cristalização do amálgama.

A resina acrílica autopolimerizável foi manipulada conforme as especificações do fabricante e incluída na matriz de nylon, sobre e abaixo foram posicionadas tiras de poliéster visando obter a superfície mais bem acabada e paralela possível.

### Acabamento e Polimento

As amostras foram incluídas em uma máquina confeccionadora de amostras padrão com resina acrílica tomando-se o cuidado pra que a superfície a ser examinada no ensaio não fosse coberta por acrílico. As amostras sofreram então o polimento com lixas de SiC em politriz de granulação 600 por 30s, após foi submetido à mais 30s em lixa de SiC de granulação 1200, seguida de polimento com discos de feltro, pedra pomes, branco de espanha e água. Posteriormente as amostras foram levadas à uma politriz automatizada da marca Buehler, Micromet 1000 com pasta de polimento diamantada de granulação 1µm até 0,2µm, com a finalidade de padronizar mecanicamente os picos e vales da amostra, obtendo-se uma padronização da superfície das amostras, assim facilitando a avaliação das crateras formadas pelo tribômetro em microscópio.

### Avaliação das amostras

A resistência ao desgaste foi avaliada em um ensaio de micro abrasão (Ball cratering test) realizado em um tribômetro modelo Calowear (CSEM Instruments Advanced Mechanical Surface Testing).

O ensaio utilizando o tribômetro modelo Calowear consiste da utilização de uma esfera de 25mm de diâmetro que gira sobre a amostra sob uma força de 300g.

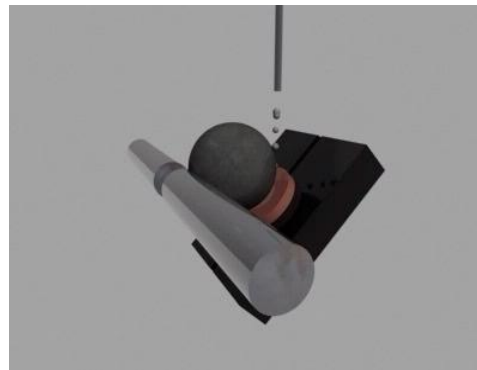


Figura 1. Representação da interface material restaurador/pasta abrasiva/esfera metálica.

Na interface de contato entre a esfera e a amostra é gotejada constantemente uma solução abrasiva composta por água deionizada e carbonato de cálcio (Barralev C E23 - Imerys) precipitado, tamponado com fosfato de cálcio. Pó branco, de alta pureza, com tamanho médio de partículas entre 2,3 e 3,0 micras a uma concentração de 75%, pH(1%) - 9,0 - 10,0 NE 010, que comumente é utilizado em marcas comerciais de cremes e pastas dentais.

Em cada corpo de prova foram feitas seis medições com variação no número de voltas realizadas pela esfera: 10, 20, 30, 40, 50 e 60 voltas. Após a realização das crateras o corpo de prova foi levado a um Zeiss Axiotech Vario Microscope com câmera SVGA acoplada onde foram fotografadas todas as crateras geradas pelo atrito da tríade: esfera metálica; solução de irrigação; corpo de prova, para sua posterior medição. As imagens foram analisadas em UTHSCSA ImageTool for Windows versão 3.0, software próprio para este uso que determinou o diâmetro central de cada cratera através da média de 10 (dez) medições em cada cratera. Os

valores de raio médio das marcas foram, então levados ao SigmaPlot versão 8.0 que através da correlação dos dados determinou o coeficiente de desgaste de cada material através da fórmula onde:

$$K = \pi b^4 / 64R * 1 / SN$$

K – valor do desgaste  
S – distância percorrida pela esfera  
N – carga aplicada sobre a amostra  
b – raio da cratera formada  
R – raio da esfera

O coeficiente de desgaste é expressado por uma uma reta, que tem em sua inclinação a determinação do seu grau em cada material analisado.

## Resultados

Para os corpos de esmalte bovino foi encontrado o coeficiente de desgaste de  $3,83 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ . Para as amostras de resina composta micro híbrida  $3,6542 \times 10^{-14} \text{ m}^2/\text{N}$ . Para amostras de amálgama de prata o coeficiente de desgaste encontrado foi de  $2,06 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$ . Para amostras de resina acrílica autopolimerizável o coeficiente de desgaste encontrado foi de  $2,18 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$ . No caso do presente estudo, o  $r^2$  foi maior que 0,85 para todos os materiais, com um  $p < 0,05$ .

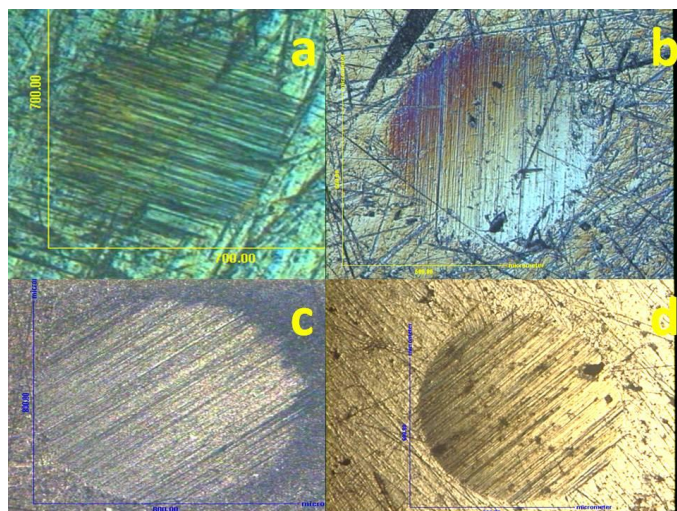


Figura 2:

- a – corpo de prova de esmalte bovino após 20 voltas  
b – corpo de prova de resina acrílica após 50 voltas  
c – corpo de prova de resina composta após 60 voltas  
d – corpo de prova de amálgama após 40 voltas

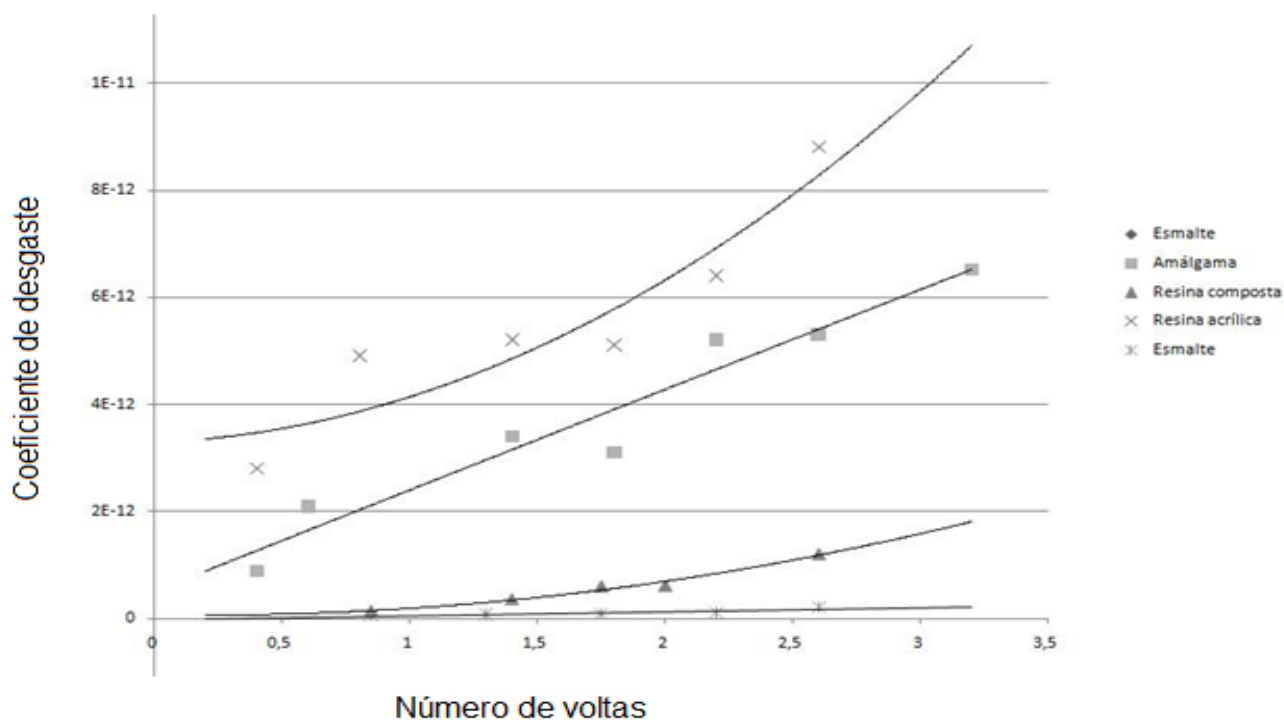


Gráfico 1. Coeficiente de desgaste dos diferentes materiais em função do número de voltas da esfera.

## Discussão

O desgaste é o fenômeno de remoção do material por complexos processos físicos e químicos que levam à deformação, fratura, dissolução, reações químicas ou colapamento. Não é uma propriedade do material, mas sim uma resposta do material ao sistema de degradação o promove (HEINTZE et al., 2006). Por esta condição, torna-se difícil de ser determinado com precisão. Porém, o calowear apresenta a vantagem de haver uma manutenção de um filme abrasivo renovado entre a esfera e a amostra, não saturando a mistura com partes do material que possam vir a se desprender da estrutura durante o ensaio (HEINTZE et al., 2006; LAMBRECHTS et al., 2006). Além disso, o tribômetro utilizado permite o cálculo da força normal (N) aplicada sobre a amostra e o número de voltas da esfera, que permite uma padronização da análise e um perfeito controle sobre a técnica eliminando vieses.

O ensaio exige um polimento excessivo, quase especular, não sendo eficaz na avaliação de peças porosas, visto que a cratera gerada pelo tribômetro pode se confundir com crateras prévias presentes no material. E assim, não gerando uma circunferência com bordos definidos, o que não dá confiabilidade à análise (HEINZ; WASCHE, 2009; LAMBRECHTS et al. 2006). Também deve ser observado que é necessária uma manutenção rigorosa do equipamento e troca periódica da esfera, que também está sujeita ao desgaste no seu uso (desgaste de três corpos). Diante da não substituição periódica da esfera os resultados podem ser alterados, uma vez que há influência do desgaste da esfera no desgaste da amostra.

O amálgama tem sido eleito como material base para avaliação e comparação com outros materiais dentários devido à sua estabilidade e confiabilidade clínica, uma vez que os corpos de esmalte dentário são de difícil manutenção devido à sua sensibilidade à desidratação, o que altera os resultados deixando o esmalte muito menos resistente devido ao desprendimento de cristais inteiros, desfigurando a cratera (HEINTZE et al., 2006). Porém, nosso estudo pôde perceber que o esmalte dentário quando acondicionado de forma a manter sua hidratação preserva suas características e propriedades podendo servir como um material padrão para a comparação do coeficiente de desgaste com outros materiais.

Outro fenômeno que também merece ser destacado é a alta fricção inicial entre a esfera metálica e as amostras de esmalte e cerâmica, que gera uma cratera menos definida em ensaios com poucos ciclos na amostra, tornado os resultados para estas situações menos confiáveis (EISENBURGER; ADDY, 2002b; NAGARAJAN; JAHANMIR; THOMPSON, 2004). O amálgama, por ser um material de duas fases também pode apresentar distorções na medição de sua cratera se a esfera for posicionada sobre algum cristal, gerando assim um desprendimento total ou parcial de uma fase do material, gerando uma zona de difícil leitura e determinação do seu diâmetro. Foi possível perceber no ensaio que os materiais apresentaram um coeficiente de desgaste maior nas primeiras revoluções da esfera, esse fenômeno pode ser explicado pelo desprendimento das partículas menores geradas no polimento da amostra, após esse momento inicial a esfera atinge uma região mais profunda da amostra e o coeficiente de desgaste diminui devido à maior resistência da parte interna do material (HEINZ; WASCHE, 2009). Entre suas vantagens estão a rápida avaliação do coeficiente de desgaste e a padronização da análise, se mostrando uma ferramenta de grande valor no estudo do desgaste de materiais odontológicos.

## Conclusão

Após a execução dos ensaios chega-se a conclusão que o esmalte bovino apresentou maior resistência e menor coeficiente de desgaste, seguido por resina composta, amálgama de prata e resina acrílica autopolimerizável.

## Referências

- BULL, S. J. et al. The use of scratch adhesion testing for the determination of interfacial adhesion: the importance of frictional drag. **Surf. Coat. Technol.**, Lausanne, v. 36, no. 1-2, p. 503-517, Dec.1988.
- EISENBURGER, M.; ADDY, M. Erosion and attrition of human enamel in vitro part I: Interaction effects. **J. Dent.**, Oxford, v. 30, no. 7-8, p. 341-347, Sept./Nov. 2002a.
- EISENBURGER, M.; ADDY, M. Erosion and attrition of human enamel in vitro part II: influence of time and loading. **J. Dent.**, Oxford, v. 30, no. 7-8, p. 349-352, Sept./Nov. 2002b.
- FERRACANE, J. L. Is the wear of dental composites still a clinical concern? Is there still a need for in vitro wear simulating devices? **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, no. 8, p. 689-692, Aug. 2006.
- GEE, M. G. et al. Progress towards standardisation of ball cratering. **Wear**, Amsterdam, v. 255, no. 1-6, p. 1-13, Aug./Sept. 2003.
- HEINTZE, S. D. How to qualify and validate wear simulation devices and methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, no. 8, p. 712-734, Aug. 2006.
- HEINTZE, S. D. et al. Influence of the antagonist material on the wear of different composites using two different wear simulation methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, no. 2, p. 166-175, Feb. 2006.
- HEINZ, K.; WASCHE R. Analytical approach for wear prediction of metallic and ceramic materials in tribological applications. **Wear**, Amsterdam, v. 266, no. 3-4, p. 476-481, Feb. 2009.
- HU, X.; SHORTALL, A. C.; MARQUIS, P. M. Wear of three dental composites under different testing conditions. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 29, no. 8, p. 756-764, Aug. 2002.
- KOCZOROWSKI, R.; WLOCH, S. Evaluation of wear of selected prosthetic materials in contact with enamel and dentin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 81, no. 4, p. 453-459, Apr;1999.
- KRAMER, N.; GARCIA-GODOY, F.; FRANKENBERGER, R. Evaluation of resin composite materials. Part II: in vivo investigations. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v. 18, no. 2, p. 75-81, Apr. 2005.
- LAMBRECHTS, P. et al. How to simulate wear? Overview of existing methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, no. 8, p. 693-701, Aug. 2006.
- NAGARAJAN, V.S.; JAHANMIR, S.; THOMPSON, V.P. In vitro contact wear of dental composites. **Dent. Mater.**, Washington, v. 20, no. 1, p. 63-71, Jan. 2004.
- SÖDERHOLM, K. J. M. et al. Clinical wear performance of eight experimental dental composites over three years determined by two measuring methods. **Eur. J. Oral Sci.**, Copenhagen, v. 109, no. 4, p. 273-281, Aug. 2001.
- ZENG, J. et al. In vitro wear resistance of three types of composite resin denture teeth. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 94, no. 5, p. 453-457, Nov. 2005.
- ZHENG, J.; ZHOU, Z. R. Friction and wear behavior of human teeth under various wear conditions. **Tribology Int.**, Guildford, v. 40, no. 2, p. 278-284, Feb. 2007.