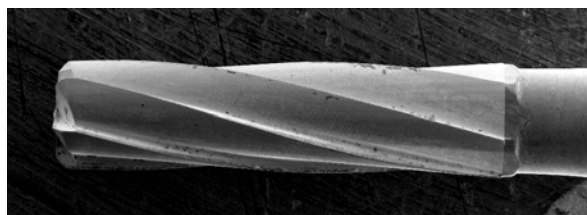
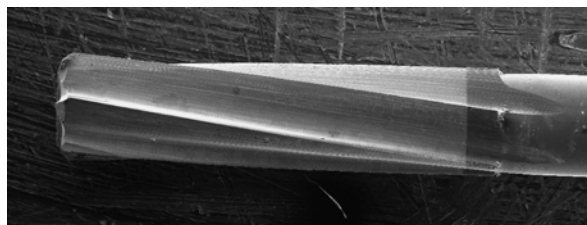


Ana Paula Gonçalves Pita

Efeito do método de esterilização e
do tempo de uso sobre a eficiência
de corte de fresas *carbide*



Araraquara
2005



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE ARARAQUARA

Ana Paula Gonçalves Pita

Efeito do método de esterilização e do tempo de uso sobre a eficiência de corte de fresas *carbide*

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Reabilitação Oral – Área de Prótese, da Faculdade de Odontologia de Araraquara – UNESP, para obtenção do Título de Mestre.

Orientadora: **Prof^a. Dr^a. Regina Helena Barbosa Tavares da Silva**

Araraquara

2005

Pita, Ana Paula Gonçalves

Efeito do método de esterilização e do tempo de uso sobre a eficiência de corte de fresas *carbide* / Ana Paula Gonçalves Pita.

– Araraquara : [s.n.], 2005.

162 f. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Odontologia.

Orientador: Profa. Dra. Regina Helena Barbosa Tavares da Silva

1. Esterilização 2. Instrumentos odontológicos 3. Infecção -
Transmissão I. Título

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Marley Cristina Chiusoli Montagnoli CRB 8/5646

Serviço de Biblioteca e Documentação da Faculdade de Odontologia de Araraquara / UNESP

Ana Paula Gonçalves Pita

Efeito do método de esterilização e do
tempo de uso sobre a eficiência de
corte de fresas *carbide*

COMISSÃO JULGADORA

DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

Presidente e Orientador: Prof^a. Dr^a. Regina Helena Barbosa
Tavares da Silva

2º Examinador: Prof^a. Dr^a. Lígia Antunes Pereira Pinelli

3º Examinador: Prof^a. Dr^a. Flávia Magnani Bevilacqua

Araraquara, 18 de fevereiro de 2005

Dados Curriculares

Ana Paula Gonçalves Pita

NASCIMENTO 26 de dezembro de 1979 – Botucatu – SP

FILIAÇÃO Humberto José Pita

Vânia Helena Gonçalves Pita

1998/2001 Curso de Graduação

Faculdade de Odontologia

Universidade Estadual Paulista - UNESP

2003/2004 Curso de Pós-Graduação em
Reabilitação Oral – Área Prótese, Nível
de Mestrado, na Faculdade de
Odontologia de Araraquara - UNESP

Dedicatória

Ao meu querido avô *Edemar*, o meu “Doutor Vô”,
dedico esse trabalho como prova de amor e gratidão,
pelo exemplo de dedicação e amor à odontologia, honestidade e
determinação. Sem o seu exemplo nada disso aconteceria.

Agradecimentos Especiais

À minha querida professora, orientadora e amiga *Regina Helena Barbosa Tavares da Silva*, pela orientação competente, pelo apoio, incentivo e confiança depositados em mim. Sou uma discípula sua, do modo sensato com que lida com os problemas e da competência em solucioná-los, além da maneira sensível e franca com que você é capaz de estimular a todos aqueles que trabalham ao seu lado. Obrigada pelo respeito, carinho e amizade.

Ao *Murilo*, amor da minha vida, eu agradeço a paciência e a compreensão, o incentivo e o carinho dispensados a mim durante a etapa de conclusão deste trabalho, que lhe roubou muito a atenção. Meu eterno respeito e mais profundo amor.

Aos meus queridos pais, *Vânia e Humberto* pelo incansável incentivo, pelo exemplo de determinação, coragem e força. Obrigada pela confiança e seu amor.

Às minhas irmãs *Carolina* e *Fernanda* pela amizade e apoio. Agradeço pela nossa, sempre forte, união. Que estejamos sempre juntas.

À querida “família torta”: *Paulo, Carla* e *Leonardo*, pelo carinho e afeto.

À minha querida família araraquarense: *Marinês, Osmar, Milene, Osmarzinho, Marília e Mariana*.

Obrigada pela acolhida, compreensão e apoio.

Aos meus amigos do curso de mestrado: *Ana Carolina, Karina, Daniela, Juliana, Anne, Anelise, Andréia, Roberta, Mariana, João Gustavo, Ewerton, Matheus, Michael, Marcelo, Luciano, José Maurício*. Soubemos trabalhar como uma equipe desde o início. Obrigada pelo carinho e amizade.

Aos meus queridos amigos *Cecília, Francisco e Luciana* por terem estado sempre presentes, me apoiando e transmitindo muito carinho e amizade.

Agradecimentos

À Faculdade de Odontologia de Araraquara, representada pela Senhora Diretora Profa. Dra. Rosemary Adriana Chiéríci Marcantonio, pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós Graduação em Reabilitação Oral, área de Prótese, da Faculdade e Odontologia de Araraquara, representado pelo Prof. Dr. Gelson Luís Adabo, pela contribuição em minha formação profissional.

A todos os professores do Departamento de Materiais Odontológicos Prótese pelos conhecimentos transmitidos com muita dedicação e competência.

Aos funcionários do Departamento de Materiais Odontológicos Prótese, pelo respeito e carinho.

Aos funcionários da Biblioteca, em especial à Maria Helena Matsumoto Komasti Leves.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação, Mara, Rosângela, Vera e Sílvia, pela simpatia, atenção e disponibilidade.

A todos os funcionários da Faculdade de Odontologia de Araraquara, que me ajudaram, apoiaram e participaram desta fase de minha vida, em especial.

Ao CNPq, FUNDUNESP e PROAP pelo apoio financeiro concedido e indispensável à realização desta pesquisa.

A todos que, embora não estejam aqui citados, tenham contribuído direta ou indiretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Minha eterna gratidão

1º À BANCA – a presença, às sugestões feitas todas passadas com muita delicadeza e sutileza. À Flávia, pelo apoio e confiança durante essa minha etapa, à Lígia, tb pelas sugestões feitas hoje e durante todo o curso de mestrado, sempre me apoiando, incentivando e transmitindo muita confiança. E por fim à professora Regina pela orientação competente, pelo apoio, incentivo e confiança depositados em mim. Sou uma discípula sua, do modo sensato com que lida com os problemas e da competência em solucioná-los, além da maneira sensível e franca com que você é capaz de estimular a todos aqueles que trabalham ao seu lado. Obrigada pelo respeito, carinho e amizade.

2º À FACULDADE de Odontologia de Araraquara, representada pela Senhora Diretora Profa. Dra. Rosemary Adriana Chiérici Marcantonio, pela oportunidade da realização deste trabalho.

3º AO PROGRAMA de Pós Graduação em Reabilitação Oral, área de Prótese, da Faculdade de Odontologia de Araraquara, representado pelo Prof. Dr. Gelson Luís Adabo, pela contribuição em minha formação profissional.

4º AOS PROFESSORES QUE PARTICIPARAM DO PROGRAMA DE PÓS E TODOS DO DEPARTAMENTO

5º AOS FUNCIONÁRIOS DA FACULDADE, principalmente do departamento, da biblioteca e da seção de pós-graduação

6º AO PROFESSOR ROMEU MAGNANI

7º ÀS ALUNAS ANDRÉA, CHRISTIANE, ANA CAROLINA E SANDRA, que me auxiliaram na finalização desse trabalho.

11º À MINHA FAMÍLIA, QUE INCLUI:

todos os consangüíneos que foram sempre presentes me apoiando muito, e principalmente

meus queridos pais pelo incansável incentivo, pelo exemplo de determinação, coragem e força, especialmente à minha mãe que realizou toda a correção ortográfica desta tese. Obrigada a vocês pela confiança e amor.

minhas irmãs - pela amizade e apoio. Agradeço pela nossa, sempre forte, união. Que estejamos sempre juntas.

minha família torta- pelo carinho e afeto.

minha família araraquarense – Marinês, Osmar, Milene, Osmarzinho, Marília e Mariana. Obrigada pela acolhida, compreensão e apoio.

12º AOS MEUS COLEGAS E AMIGOS DO CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO – agradeço o apoio, incentivo e críticas construtivas. Soubemos trabalhar como uma equipe desde o início. Obrigada pelo carinho e amizade.

13º ÀS COLEGAS LAIZA E CAROLINE – obrigada pela confiança, respeito e apoio sempre presentes. Formamos uma equipe promissora.

14º AOS MEUS AMIGOS CECÍLIA, FRAN, LUCIANA, FERNANDA, JONAS, por terem estado sempre presentes, me apoiando e transmitindo muito carinho e amizade.

15º À VTÓRIA – que possibilitou a execução desse trabalho por me auxiliar com as tarefas domésticas

16º AO MURILO, amor da minha vida, eu agradeço a paciência e a compreensão, o incentivo e o carinho dispensados a mim durante a etapa de conclusão deste trabalho, que lhe roubou muito a atenção. Meu eterno respeito e mais profundo amor.

17º DEDICATÓRIA – E, por fim, eu agradeço quem me deu o exemplo para a escolha da profissão e mais um incentivo à carreira acadêmica... A você, meu querido “doutor vô” eu agradeço e dedico esse trabalho como prova do meu amor e gratidão, pelo exemplo de dedicação e amor à odontologia, honestidade e determinação. Sem o seu exemplo nada disso aconteceria.

*É este o dia por que espero
Desde tempos sem fim;
E agora que ele chega quando o quero
E o tenho para mim.*

*Agora penso que já vinha perto
Mas o não via - e tanto
Que à minha volta havia só deserto,
Um vazio de espanto.*

*Um mundo atemporal sem rotação nem horas;
E afinal o que há
É que depois de inúmeras demoras
O que não era, está.*

*Em mim o tinha desde o alvor
Da minha vida, sem saber
Que este esperar com alma, e sonho, e amor,
Já era ser.*

*Cabral do Nascimento
(Madeira, 1897-1978)*

Sumário

1-INTRODUÇÃO.....	12
2-REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1-Utilização de fresas <i>carbide</i>	20
2.2-Alterações morfológicas de fresas por desgaste....	36
2.3-Controle de infecção cruzada.....	39
3-PROPOSIÇÃO.....	67
4-MATERIAL E MÉTODO.....	69
4.1-Material.....	70
4.2-Método.....	80
5-RESULTADO E DISCUSSÃO.....	92
6-DISCUSSÃO.....	111
7-CONCLUSÃO.....	139
8-REFERÊNCIAS.....	141
APÊNDICE.....	151
RESUMO.....	157
ABSTRACT.....	160

Introdução

1 Introdução

A sociedade humana assistiu à profundas transformações, a partir do século XIX, que influenciaram todos os setores da vida humana, inclusive a área da saúde. A saúde deixou de ser fundamentada em superstições e magias, para depender de estudos científicos. Nesse contexto, após os experimentos de Lister (anti-sepsia) e Pasteur (origem microbiana das doenças), surgiu o conceito de infecção e, conseqüentemente, a necessidade do controle desta, especialmente no que diz respeito às profissões relacionadas à saúde¹⁵.

A partir de então e, principalmente na década de 80^{4,11,13,15,20,23,32-35,38,39,43-50,57,58}, a conscientização quanto à necessidade do controle de infecção cruzada, tanto dos profissionais de saúde quanto da população em geral, tornou-se marcante¹⁵, especialmente devido ao surgimento e maior divulgação da ocorrência de doenças infecto-contagiosas de alto risco, como a hepatite e a AIDS.

Neste ínterim, diversos estudos foram realizados a fim de determinar meios práticos e eficientes que viabilizassem o controle do número de microrganismos, capazes de evitar que infecções fossem contraídas^{3,7,13,32-35,38,46,47,50,55,61}. Ficou claro que o controle de infecção cruzada exige grande esforço e disciplina de toda a equipe de saúde. Por esse motivo, aspectos como limpeza, desinfecção, esterilização, anti-sepsia e o uso de barreiras passaram a ser abordados de forma mais esclarecedora.

Porém, para um efetivo controle de infecção cruzada, surgiu a necessidade de se estabelecerem normas, assim como de uma ampla divulgação de informações e instrução oficialmente constituídas, para respaldar a formação técnico- profissional e o controle de infecção, além do controle por meio de fiscalização, aspectos estes que foram regulamentados pelo governo federal⁶.

O primeiro documento normativo elaborado pelo Ministério da Saúde foi denominado Portaria MS 196/83, que fornecia orientações práticas, sob a forma de anexos e cursos, a respeito do uso de produtos desinfetantes, anti-sépticos e da utilização de barreiras¹⁵. Ao longo dos anos, novas portarias foram criadas com o objetivo de esclarecer dúvidas, bem como de colocar em prática as especificações apresentadas para reduzir o risco de infecção cruzada.

Atualmente, está em vigor a Portaria nº 2616⁶, de 12 de maio de 1998, a qual determina que, no exercício da atividade fiscalizadora, os órgãos estaduais de saúde devem observar a adoção, pela instituição prestadora de serviços, de meios de proteção capazes de evitar efeitos nocivos à saúde dos agentes, clientes, pacientes e circunstantes (Decreto nº 77.052, de 19 de janeiro de 1976, art. 2º, inciso IV). Desta forma, os profissionais de saúde devem obedecer a quatro princípios básicos (Portaria nº 15, de 23 de agosto de 1988): tomar medidas para proteger a sua saúde e a da sua equipe (imunizações, lavagem das mãos); evitar contato direto com matéria orgânica (luvas, máscara e gorro); limitar a propagação de microrganismos (barreiras protetoras); e tornar seguro o uso de artigos, peças anatômicas e superfícies (limpeza, desinfecção e esterilização de instrumentos)⁶.

Portanto, o controle de infecção cruzada depende da conscientização da equipe de saúde²³ e da fiscalização dos órgãos públicos, respaldados em decreto lei.

O controle de infecção cruzada, especialmente em Odontologia, passou a ser sinônimo de controle de qualidade⁶ e, atualmente, a população deve exercer um importante papel fiscalizador, pois, muitos profissionais não realizam os procedimentos de controle de infecção cruzada adequadamente, possibilitando a transmissão de infecções nos consultórios^{23,28,30,49}.

Paralelamente ao aprimoramento dos conceitos de higiene e assepsia, a Odontologia experimentou um grande desenvolvimento tecnológico, tanto no que diz respeito a materiais quanto a instrumentos e técnicas, que permitiram a realização de tratamentos em menor tempo e com menor dano às estruturas bucais. Para exemplificar pode ser destacada a introdução das turbinas de alta-rotação, em substituição à instrumentação manual para o corte de esmalte e dentina, e também o aperfeiçoamento dos instrumentos cortantes rotatórios que possibilitaram a realização de desgastes mais seletivos e menos agressivos ao dente, em comparação aos instrumentos manuais⁸.

Os primeiros instrumentos rotatórios empregados para o corte do tecido dentário, desenvolvidos entre 1858 e 1862, eram fresas de aço comum, que eram giradas com os dedos para produzir uma ação de corte ou abrasão grosseira⁸. Posteriormente, as técnicas foram aprimoradas, de modo significativo, com a adaptação do motor dentário acionado com o pé, o que levou, mais tarde, ao surgimento do motor elétrico (1883)²⁵. Essa unidade, utilizando o motor elétrico como fonte de força, foi usada com pequenas modificações até

os anos 50, quando passou a ser utilizada a peça de mão com turbina a ar, com velocidade de rotação de até 6.500 r.p.m.⁸.

O caráter evolutivo dos instrumentos cortantes rotatórios acarretou uma modificação no papel dos instrumentos cortantes manuais, os quais passaram a ter seu uso limitado, basicamente, ao acabamento das paredes cavitárias e remoção de tecido cariado.

Em 1947, surgiram, na Odontologia, fresas de aço inoxidável e carboneto de tungstênio (fresas *carbide*), que se destacaram por sua dureza duas vezes maior do que a do aço comum, superando a antecessora em relação ao potencial de corte, eficiência e durabilidade⁸. Esses instrumentos são utilizados em larga escala, até os dias de hoje, para a realização de preparos dentais, remoção de restaurações e polimento dental^{22,52,53}. O uso dessas pontas, difundido principalmente na década de 40, tornou possível a utilização de velocidades mais elevadas e eficientes para os instrumentos rotatórios, que evoluíram, significativamente, possibilitando o uso de ultravelocidade (300.000 a 500.000 r.p.m.)⁸.

A utilização de técnicas de corte com ultravelocidade e sob refrigeração, aplicadas ao esmalte e à dentina, permitiu o corte da estrutura dental de maneira mais precisa e eficiente, causando um contínuo desenvolvimento e gerando pesquisas^{12,18,19,31,52} voltadas para a otimização da utilização e para a conservação de estrutura dental sadia⁸.

Dessa evolução, surgiu o conceito de eficiência de corte dos instrumentos cortantes rotatórios, em Odontologia, que é definida como: a máxima capacidade de remoção de estrutura dental, com mínimo esforço, em um determinado tempo¹². Essa capacidade de corte é um dos principais

requisitos para a proteção do complexo dentino-pulpar^{48,62}, podendo variar segundo a influência de alguns fatores^{10,16,17,19,21,22,24,25,31,37,40,51,54,60}. Um dos fatores, responsáveis pela redução da eficiência de corte, é a retenção de resíduos de corte, como restos dentais, microrganismos e materiais, que também potencializam o risco de infecção cruzada no consultório odontológico^{1,6,7, 12,13,27,35,50}.

Sabendo dessa contaminação com resíduos de corte, além do contato direto desses instrumentos com saliva e/ou sangue, torna-se responsabilidade do cirurgião dentista a orientação da equipe quanto à limpeza, desinfecção e esterilização dos instrumentos para manutenção do controle de infecção cruzada^{1,2,6,7,11,13,14,34,32,33,35,38,39,43,45,50,55,56}, caso se tencione reutilizar tais instrumentos posteriormente, ao invés de descartá-los depois do uso. Para isso, o cirurgião dentista deve estar ciente de que o instrumental clínico e instrumentos rotatórios, após o uso, devem ser submetidos à limpeza, desinfecção e esterilização, sendo que esses métodos devem também preservar a integridade das características originais dos mesmos^{4,11,16,20,26,33}.

Para assegurar a manutenção da cadeia asséptica e prevenir a contaminação cruzada por meio das fresas, foram desenvolvidos diversos métodos de desinfecção e esterilização (físicos, químicos e eletroquímicos)^{2,7,5,13,32-34,43,45-47,55,59,61}. No entanto, as informações sobre a eficiência, o tempo de uso, assim como a correlação entre os métodos de esterilização e a durabilidade dos instrumentos submetidos a esses procedimentos são escassas ou até divergentes^{2,4,11,16,20,26,31,39,43,48,56,57,58}.

Apesar da importância do controle de infecção cruzada nos consultórios odontológicos e devido ao receio dos

cirurgiões dentistas em esterilizar os instrumentos rotatórios (motivados pela falta de conhecimento sobre seu efeito), poucos estudos foram realizados com o intuito de avaliar os efeitos da utilização de métodos de esterilização sobre a eficiência de corte das fresas *carbide*^{11,29}, apesar de haver trabalhos avaliando tais efeitos sobre pontas diamantadas^{2,48,57,58}.

Portanto, pode-se notar a importante relação entre a eficiência de corte, a limpeza do instrumento e a necessidade de sua esterilização (já que estes aspectos envolvem a preservação de estruturas dentais saudáveis através da prevenção do aquecimento excessivo), o controle de infecção cruzada (por meio da remoção de resíduos de corte e esterilização) e, também, o aspecto econômico, devido à possibilidade de reutilização desses instrumentos.

Revisão da literatura

2 Revisão da literatura

2.1 Utilização de fresas carbide

2.1.1 Aplicação clínica das fresas carbide

Considerando que a secção de restaurações metálicas defeituosas por meio de fresas e turbinas de alta-rotação é um método efetivo, menos traumático e mais aceito pelos pacientes e dentistas, e que poucos trabalhos são encontrados sobre a técnica para remoção de coroas, o tipo de fresa (diamantada ou *carbide*), a especificidade para o tipo de liga metálica e a forma da fresa, Siegel e von Fraunhofer⁵², em 1999, realizaram um estudo para comparar a capacidade de secção de três tipos de ligas metálicas (nobre, altamente nobre e não-nobre), utilizando fresas *carbide* e pontas diamantadas com média granulação, especialmente confeccionadas para esta finalidade, em alta rotação. Os resultados encontrados neste estudo foram: maior eficiência de corte das pontas diamantadas, para secção das ligas nobre e altamente nobre, e capacidade de corte superior das fresas *carbide* para a secção da liga não-nobre (Rexillium). Assim, fresas *carbide* são indicadas para a secção de coroas metálicas de ligas não nobres.

A seleção do instrumento cortante rotatório depende de três fatores: tradição da escola, forma da fresa e substrato de corte. Considerando a carência de informações consensuais precisas a respeito da indicação dos instrumentos cortantes rotatórios, Siegel e von Fraunhofer⁵³, em 1999, realizaram um estudo para analisar a prevalência de indicação de determinadas fresas, em faculdades nos Estados Unidos, Canadá e Porto Rico. Questionários, contendo 25 perguntas, foram enviados a professores, que ensinavam técnicas de preparos dentais, em 64 faculdades de odontologia. Foram coletados 58 questionários respondidos que, depois de analisados, revelaram que mais de 90% das faculdades recomenda fresas diamantadas com granulação média, para preparos que exijam redução acentuada de estrutura dental para próteses fixas, enquanto que pontas diamantadas com granulação maior são utilizadas pela pós-graduação. Para o refinamento de preparos cavitários, fresas diamantadas são recomendadas para região axial do preparo, e fresas *carbide*, sozinhas ou em combinação com instrumentos manuais ou pontas diamantadas, são recomendadas para o refinamento marginal dos preparos. Além disso, fresas *carbide* são os instrumentos de escolha para preparos intracoronários, para restaurações de amálgama ou de resina composta. Essas fresas também são recomendadas para o acabamento marginal de restaurações.

2.1.2 Pressão de corte utilizada

Rodrigues et al.⁴⁴, em 1982, avaliaram comparativamente três turbinas de alta rotação e dois tipos de instrumentos rotatórios (pontas diamantadas e fresas *carbide*), quanto à pressão exercida durante o preparo cavitário. Para isso, utilizaram um estensômetro elétrico acoplado à turbina que quantifica a pressão manual exercida, através da deformação da superfície. Os resultados indicaram que as turbinas Roll-Air, Apollo e P-RS350 exigem pressão de corte diferente e que as fresas *carbide* exigem maior pressão de desgaste do que pontas diamantadas.

Considerando que a realização de preparos dentais com alta rotação pode influenciar a condição pós-operatória do dente a ser restaurado, especialmente em relação à pressão de corte exercida pelo dentista sobre a turbina, Liao et al.²⁴, em 1995, realizaram um estudo para analisar a eficiência de corte em função da velocidade de rotação do instrumento rotatório e da pressão exercida na turbina. Para isso, foram utilizados incisivos bovinos, embutidos em blocos de resina acrílica de maneira que seu longo eixo ficasse paralelo ao solo. Foram realizados três tipos de desgastes (desgaste contínuo com pressão moderada, desgaste intermitente com pressão moderada e desgaste intermitente com leve pressão) e dois tipos de direções de corte (vertical e horizontal), sendo que se realizaram três repetições para cada grupo. A eficiência de corte das pontas diamantadas, em esmalte e dentina, foi calculada pelo volume de estrutura dental desgastada dividido pelo tempo total de contato da

ponta diamantada com o dente, durante o teste de desgaste. Verificou-se que, quando realizado o desgaste intermitente, ou seja, um ciclo periódico de desgaste compreendendo um período de contato de corte e um período de descanso, há uma pequena variação da pressão de corte e da velocidade de rotação da ponta diamantada. O tempo real de corte (contato da ponta diamantada com a superfície dental) foi constante e igual a 10 segundos, para o desgaste contínuo com pressão moderada, 0,4 segundos para o desgaste intermitente com pressão moderada e 0,25 s para o desgaste intermitente com leve pressão, independente da direção de corte. A pressão máxima exercida durante o desgaste contínuo com pressão moderada foi similar ao desgaste intermitente com pressão moderada, enquanto estes tenderam a ser superiores ao desgaste intermitente com leve pressão. Maior eficiência de corte foi conseguida pela técnica de desgaste horizontal intermitente com pressão moderada (25 g a 75 g), em seguida o desgaste contínuo com pressão moderada e por último o desgaste intermitente com leve pressão. Os autores concluíram que a técnica de desgaste horizontal intermitente, com pressão de corte inferior a 100 g, produz melhores resultados, uma vez que possibilita maior eficiência de corte das pontas diamantadas cilíndricas e que o desgaste intermitente com pressão suave pode ser utilizado para realização de acabamentos e ajustes finais nos preparos.

Visando a otimização da eficiência de corte de estrutura dental com alta-rotação, e a maior padronização dos trabalhos que utilizam instrumentos rotatórios, Kanaan et al.²¹, em 2003, realizaram um estudo para mensurar a magnitude das forças aplicadas pelos dentistas sobre a estrutura dental, quando diferentes tipos de turbinas de alta-rotação e fresas *carbide* são utilizadas com ou sem refrigeração. Duas turbinas de alta-rotação, com diferentes características de velocidade/torque, foram utilizadas: Kavo super torque 630B com velocidade em giro livre de 325,000 r.p.m., torque máximo de 1,75 mNm, e pressão de ar regulada para 34 psi; e uma turbina Midwest 8000I com velocidade em giro livre de 425,000 r.p.m., torque máximo de 1,15 mNm, e pressão de ar regulada para 32 psi. Como instrumentos de corte, foram utilizadas fresas *carbide* lisas (nº57) e picotadas (nº557) de mesmo fabricante (Jet). Os desgastes em dentes humanos foram realizados por 31 dentistas, sendo que cada operador preparou 8 cavidades de classe II (MO e OD) em terceiros molares humanos, totalizando 248 cavidades. Para cada preparo foi utilizada fresa nova. A mensuração da força durante o preparo pôde ser avaliada pela utilização de um equipamento desenvolvido pelos autores, que registrava, durante 60 segundos, a magnitude e direção da força aplicada ao dente. Nenhuma fresa fraturou e nenhum dentista exerceu força capaz de produzir a parada da rotação da fresa. A variação de força para realização dos preparos ficou entre 20 gf e 280 gf. Nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre o corte seco e molhado, ou entre fresas planas e serrilhadas mas, em todas as situações, maior força foi aplicada utilizando-se turbina Kavo. Neste estudo, houve grande variação de força entre os profissionais, sendo a média

de força aplicada de 134 gf, e a média para a turbina Kavo (147 gf) superior à da turbina Midwest (122 gf). Os autores concluíram que a magnitude da força de corte depende mais da potência da turbina do que da velocidade de rotação em giro livre e, menos ainda, do operador. Além disso, os autores sugerem que, em estudos envolvendo instrumentos rotatórios, as forças sejam relacionadas ao tipo de turbina utilizada, se condições clínicas realistas forem desejadas.

2.1.3 Análise da eficiência de corte

Um estudo, com o objetivo avaliar comparativamente a eficiência de corte de fresas *carbide* de diferentes formas e fabricantes, e ainda comparar a eficiência de corte entre pontas diamantadas e fresas *carbide*, foi desenvolvido por Schuchard e Watkins⁵¹, em 1967. Foram realizados desgastes de 1,26 mm de profundidade em 10 blocos de esmalte, com força de 0,56 a 8,83 N. Para minimizar a variação dos espécimes (dentes), quatro desgastes foram realizados em cada espécime de dentina. Realizando preparos com menor pressão, constatou-se um prolongamento da vida útil da fresa. Segundo os autores, apesar de haver indicações para o uso de pontas diamantadas, os dentistas devem considerar sua ineficiente ação de corte em detrimento das fresas *carbide*, além do atrito que estas pontas produzem na superfície dental, promovendo maior geração de calor e maior rugosidade superficial no preparo.

Em 1969, Consani et al.¹⁰, avaliaram, comparativamente, o comportamento de pontas diamantadas e fresas *carbide* ao longo do tempo, ao desgastar dentes humanos. Os instrumentos foram utilizados em alta rotação, sob refrigeração à água, com pressão de corte manual leve. A avaliação da eficiência de corte foi calculada através da avaliação do tempo empregado para o desgaste até o momento em que o operador indicasse a perda da capacidade de corte. Os autores concluíram que a durabilidade do corte das pontas diamantadas é semelhante ao das fresas *carbide*, porém, sua eficiência de corte é superior.

Lloyd et al.²⁵, em 1978, publicaram um artigo descrevendo testes conduzidos para determinar a eficiência de várias técnicas de refrigeração, utilizadas durante os preparos dentais, em relação à capacidade de controlar a temperatura da estrutura dental e a eficiência de corte das fresas. Foram feitas comparações entre quatro técnicas de refrigeração: ar constante, spray ar-água, jato de água, jato de água aplicada diretamente no centro da fresa. Os desgastes foram realizados com fresas *carbide* (nº558, Ransom e Randolph; nº558, S.S. White; nº558, Midwest Hollow Bur), em alta rotação (com pressão de ar de 30 psi), durante 15 a 20 segundos para teste seco e 6 a 10 segundos para os testes com água. Dentes humanos, segundos e terceiros molares, foram montados em um equipamento desenvolvido pelos autores, que permitia o controle da pressão de corte (70g) juntamente com a análise da temperatura de superfície (termopar), durante o desgaste. A eficiência de corte foi analisada pela relação entre o tempo utilizado para o desgaste

e a variação de peso dos dentes (antes e após o desgaste), utilizando-se uma balança analítica (sensibilidade de 0,1 miligrama). Como este método sofre grande influência da absorção de água e desidratação dos dentes, estes eram processados de modo a não haver alteração de peso. Além da avaliação da eficiência de corte pelo método gravimétrico, foi realizada análise visual das fresas, em um microscópio eletrônico de varredura. Após a realização do experimento e aplicação do teste estatístico apropriado, pôde ser verificado que a refrigeração por meio de água produz menor temperatura na interface durante os desgastes dentais do que a refrigeração seca. Além disso, este tipo de refrigeração favorece a eficiência de corte das fresas *carbide* (3 vezes maior).

Interessados em saber por quanto tempo fresas *carbide* podem ser usadas para remover esmalte e dentina, ao mesmo tempo, Luebke et al.²⁷, em 1980, realizaram uma pesquisa para avaliar a eficiência de corte de fresas *carbide* após 30 minutos de aplicação em estrutura dental. Foram avaliadas 30 fresas *carbide* de três marcas comerciais (Kerr, nº 55; S.S. White nº 556; Teledyne Densco, nº 556). A análise da eficiência de corte foi realizada levando-se em conta a perda de massa de dentes humanos (molares extraídos), após sofrerem desgaste. Os dentes foram embutidos em resina acrílica e mantidos em água à temperatura ambiente até o momento de sua utilização e, então, os mesmos eram secos com ar e pesados em uma balança com sensibilidade para 0,0001g. O desgaste era realizado utilizando-se turbina de alta rotação regulada para manter 240,000 r.p.m., com uma

carga de 70 g. Não foi utilizada refrigeração ar/água, para que a presença de água não interferisse no peso dos dentes. Após 1 minuto de desgaste, o dente tinha sua massa novamente aferida em balança analítica, até completar o período de 30 minutos de desgaste por fresa. Considerando a diferença de densidade (dureza) entre os dentes, os autores realizaram desgastes com uma ponta de cada marca comercial em cada dente, e uma mesma fresa não era utilizada em um mesmo dente duas vezes. Além da análise da eficiência de corte, foi realizada análise visual das pontas, por meio de um microscópio eletrônico de varredura. Os resultados demonstraram que a eficiência de corte diminuiu com o tempo de utilização. As fresas de diferentes marcas tiveram comportamentos diferentes, em relação à eficiência de corte, com o passar do tempo. Houve pouca deterioração das fresas *carbide* após 30 minutos de utilização, porém, pôde ser verificada a presença de algum material aderido às lâminas da fresa, o que foi determinado por uma análise química como sendo cálcio, porém, não foi determinada qual a relação entre a presença destas partículas e a eficiência de corte.

Visando estabelecer um tempo limite de uso de instrumentos rotatórios *carbide* em alta rotação, Matson e Kikuchi³¹, em 1981, realizaram um estudo para avaliar a eficiência de corte desses instrumentos ao longo do tempo de utilização. Para a verificação da eficiência de corte foi realizado o teste gravimétrico utilizando-se fresas *carbide* nº 557 (Jet) para cortar a região radicular de 48 dentes humanos extraídos. Os desgastes foram realizados com as fresas acopladas em uma turbina de alta rotação, e a força exercida

sobre o dente foi controlada pela utilização de um peso de 30g acoplado à turbina. Não foi utilizada refrigeração durante o desgaste, segundo os autores para não dificultar a execução do teste e porque estes acreditavam que este aspecto não influenciaria os resultados do estudo. Anteriormente ao desgaste, a turbina era acionada em giro livre por alguns segundos e o desgaste realizado durante 15 segundos. Após o período de desgaste, o dente era limpo com um jato de ar e pesado em balança analítica. Foram realizados 145 minutos de desgaste por instrumento rotatório. Verificou-se que a eficiência de corte era reduzida com o tempo de utilização. Maior quantidade de material cortado ocorre aos 5 minutos e essa quantidade decresce rapidamente até atingir o tempo de 50 minutos, quando a fresa apresenta metade da eficiência de corte inicial. A partir de 50 minutos a eficiência permanece com pouca alteração, talvez devido à perda do corte ou mesmo à fratura das lâminas do instrumento. Os autores concluíram que, como o tempo gasto para preparar uma cavidade classe I de amálgama é de aproximadamente 1 minuto e 30 segundos de contato da fresa com a estrutura dental, após a realização de 30 cavidades a mesma deveria ser descartada. Porém, os autores afirmaram que esta consideração deva ser analisada apenas como uma orientação clínica, pois a durabilidade da fresa depende de outros fatores: como a utilização de refrigeração durante o corte e, também, da pressão de aplicação do instrumento.

Considerando a provável necessidade de troca de restaurações de resinas compostas reforçadas por partículas de carga, King et al.²², em 1982, avaliaram comparativamente

a eficiência de dois métodos de desgaste de resinas compostas reforçadas por partículas de carga, utilizando fresas *carbide* cilíndricas planas (nº 256). A análise foi realizada pela comparação da eficiência de corte das fresas (n=40) utilizando dois métodos de refrigeração: ar ou spray ar/água, ao desgastar blocos de resinas compostas. A eficiência de corte foi avaliada pelo volume de resina desgastado, utilizando duas técnicas de análise: aplicação de carga constante na turbina de alta rotação (110 g) e velocidade constante de desgaste (0,21 mm/seg), sendo que os instrumentos eram aplicados de maneira a realizar dois cortes lineares por amostra (resina). Esse procedimento se repetiu até a fresa perder a capacidade de desgastar a resina. Ficou evidente que, com as resinas avaliadas, a eficiência de corte é superior e prolongada quando aplicada com refrigeração apenas por ar, o que pode indicar a remoção dessas restaurações ao se utilizar refrigeração a ar em substituição ao spray ar/água. Porém, os autores alertam para o risco de aquecimento dental e danos à polpa dental pela refrigeração apenas por ar e sugerem a aplicação do instrumento de corte com movimentos intermitentes e com pressão suave como forma de minimizar este risco.

Fontana et al.¹⁹, em 1985, realizaram um estudo comparativo da eficiência de corte de instrumentos rotatórios *carbide* e diamantados ao longo do tempo de uso, considerando, principalmente, a importância de otimizar o uso desses instrumentos, relacionando o tempo de uso com a boa capacidade de corte. Foram utilizadas, como corpos-de-prova, 12 fresas, sendo 06 fresas *carbide* (nº 57) de duas marcas

comerciais (Maillefer e S.S.White) e 06 pontas diamantadas (nº 1092 - K.G. Sorensen; nº 22 - Intensiv). Tais instrumentos foram aplicados de maneira intermitente sobre esmalte dental humano, tendo a pressão de corte controlada (100-150g) por meio de um aparelho preconizado pelos autores. Antes de sofrerem desgaste e a cada 20 segundos de desgaste completados, os dentes eram pesados em balança analítica (Sartorius, 0,0001g), para possibilitar a avaliação da eficiência de corte pela perda de massa dos dentes. Foram realizados 32 minutos de desgaste que, para análise de estatística, foram agrupados em 8 períodos de 4 minutos. Após a aplicação dos testes estatísticos, pôde ser observado que houve diferença na eficiência de corte entre os tipos de instrumentos rotatórios, sendo as pontas diamantadas mais eficientes para o corte de esmalte dental humano do que as fresas *carbide*. Segundo os autores, esse fato ocorreu, provavelmente, em função do tipo de ação dos instrumentos, pois, enquanto instrumentos diamantados atuam por associação de corte e desgaste, os *carbide* atuam por meio de ação exclusiva de corte da estrutura dental. Em relação à eficiência de corte ao longo do tempo, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa entre os períodos avaliados, ou seja, a eficiência dos instrumentos mantém-se no mesmo nível, isto é, a quantidade de estrutura dental cortada nos primeiros 04 minutos é a mesma encontrada nos 32 minutos. De acordo com os autores esse resultado não era esperado, sendo necessária a realização de novos estudos, que avaliem a eficiência dos instrumentos por períodos maiores, para detectar o período de vida útil de cada tipo de instrumento.

Wilwerding e Aiello⁶², em 1990, realizaram um estudo para avaliar comparativamente a eficiência de corte de fresas *carbide* de diferentes marcas comerciais. Foram utilizadas 5 fresas *carbide* (nº330) de cada marca comercial (n=30) e, como substrato de corte, blocos de cerâmica Macor. Para a realização do teste, foi utilizado um dispositivo que possibilitava a fixação dos blocos de cerâmica e o controle da pressão durante a execução dos desgastes (40 gf). As fresas eram montadas em uma turbina de alta rotação com pressão de ar constante (34 p.s.i.), lubrificada a cada ciclo de desgaste (5 minutos), e refrigeração por spray de água. A eficiência de corte foi calculada avaliando-se a profundidade do corte e tempo utilizado para o desgaste (mm/min). Como resultado, das seis marcas avaliadas apenas uma foi notadamente superior, sendo que as demais apresentaram eficiência de corte semelhante. Observou-se que, ao cortar a cerâmica Macor, há uma perda gradativa de eficiência. Segundo os autores, como todas as fresas eram compatíveis em custo, a vantagem de uma fresa mais eficiente era evidente. Uma fresa eficiente é menos traumática, pois é necessário menos tempo de contato da mesma com a estrutura dental, além de requerer menor pressão para obtenção do desgaste.

Tanaka et al.⁵⁴, em 1991, realizaram um trabalho para avaliar a eficiência de corte de 27 fresas *carbide* (nº1557, Jet) ao desgastar oito cerâmicas odontológicas e dentina bovina. A eficiência de corte das fresas foi analisada pelo volume desgastado de blocos cerâmicos (5X3X10 mm) e de blocos de dentina bovina embutida em resina acrílica. Para

a realização do teste, foi utilizado um dispositivo desenvolvido pelos autores, para o controle da pressão de corte (80, 60, 40 ou 20 g) e realização de 4 ciclos de desgaste de 5 segundos cada. Além da análise da eficiência de corte e da velocidade de rotação da fresa foi realizada a avaliação do nível de deterioração sofrido pelos instrumentos rotatórios devido ao uso, por meio da microscopia eletrônica de varredura. A velocidade de rotação depende, de acordo com os resultados, da força aplicada e da dureza do substrato de corte. Ficou evidente que a fresa *carbide* utilizada para a execução deste trabalho é apropriada para desgastar dentina bovina e três tipos de cerâmicas à base de mica, pois demonstrou alta eficiência de corte e pequenos danos à fresa. Porém, segundo os autores, este instrumento é inadequado para o desgaste das outras cinco cerâmicas analisadas à base de Si_3N_4 ou CaO-SiO_2 , pois a eficiência de corte foi baixa, e ocorreram danos mais severos às fresas. Os autores concluem que a utilização de fresas *carbide* em alta-rotação sob pressão moderada (20 a 80 g) para a secção de cerâmicas à base de mica pode ser um método indicado. Porém, esta técnica não apresenta resultados tão efetivos para cerâmicas à base de Si_3N_4 ou CaO-SiO_2 .

Ohmoto et al.³⁷, em 1994, realizaram um estudo para avaliar as características de diferentes técnicas de desgaste de estrutura dental em relação à velocidade de rotação e carga aplicada, relacionando com a eficiência de corte. Dentina bovina foi desgastada por fresas *carbide* (nº 137, Jet) acopladas a uma turbina de alta rotação (Volver 8). Durante o desgaste, a velocidade de rotação da fresa e a

força aplicada à turbina eram simultaneamente monitoradas. Duas técnicas foram avaliadas: corte contínuo durante 5 segundos, e corte intermitente durante 10 segundos; foram consideradas também duas direções de corte: horizontal e vertical, sendo realizadas 3 repetições para cada condição experimental. A eficiência de corte foi avaliada de maneira indireta pelo volume de corte, que era obtido com a moldagem da área desgastada, cujo molde tinha seu peso aferido. Através do peso do molde, que era dividido pela densidade do material de moldagem, obtinha-se o volume de material desgastado. A eficiência de corte, então, era representada pelo volume de corte dividido pelo tempo total de contato da fresa com a estrutura dental. Depois da aplicação do teste estatístico, verificou-se que à medida que era aumentada a carga, era reduzida a velocidade da fresa. O corte vertical determinou maior força de aplicação da fresa, provavelmente devido a uma concentração de esforços na extremidade da mesma. Além disso, durante o corte intermitente, o operador foi capaz de aplicar tempo similar de contato com o dente e mesma força, enquanto que durante o corte contínuo não foi capaz, por mais que tentasse. Os autores concluíram que o corte intermitente com força moderada deve ser selecionado ao invés do corte contínuo, por ser mais eficiente em remover estrutura dental, pois permite que o spray de água permaneça em contato com a fresa durante todo o desgaste, promovendo a remoção imediata de resíduos de corte e protegendo a polpa do calor gerado. O corte contínuo sempre promove o risco de aumentar a temperatura pela interrupção do fluxo de água na zona de corte e pode reduzir a eficiência de corte pelo preenchimento das lâminas com resíduos de corte.

Considerando que erros de concentricidade podem surgir, a partir do mau alinhamento entre a haste de aço e a extremidade de carboneto, e produzir profundidade de corte irregular, vibração e danos ao substrato de corte, Watson e Cook⁶⁰, em 1995, estudaram o grau de excentricidade de fresas *carbide*, produzidas por diferentes formas, e o efeito da imprecisão da fresa sobre o esmalte dental. Foram comparadas 30 fresas *carbide* nº 57, sendo *carbide* de corpo único (*carbide*) e fresas *carbide* produzidas pela soldagem da extremidade de carboneto em uma haste de aço (cinco fabricantes). Os resultados analisaram três fatores: a concentricidade da fresa, que revelou melhores resultados para fresas de corpo único, as quais também produziram menor quantidade de trincas no esmalte. Além disso, as fresas com maior concentricidade propiciaram cortes regulares, de 6-8 µm de diâmetro, enquanto as fresas com características excêntricas promoveram cortes irregulares, com profundidade de 25 a 40 µm, indicando ação de corte mais agressiva. Este estudo, segundo os autores, mostrou que os danos ao dente, frente ao desgaste por instrumentos rotatórios, podem ser reduzidos com a utilização de fresas *carbide* altamente concêntricas, fator determinado durante o processo de fabricação.

Ciccone et al.⁹, em 2004, realizou um estudo que com o objetivo de avaliar a eficiência de corte de pontas diamantadas de diferentes marcas comerciais. Foi realizado o desgaste em esmalte dental de incisivos bovinos, seccionados em quatro partes iguais (2 cervicais e 2 incisais) e incluídos

em resina de poliéster. Todos os teste foram executados sob refrigeração constante e a eficiência de corte foi avaliada indiretamente por meio do peso de um molde da área desgastada. Através da análise dos resultados, notou-se a diferença de eficiência de corte entre as marcas comerciais.

2.2 Alterações morfológicas de fresas por desgaste

Devido à existência de grande variedade de fresas *carbide* quanto à composição e forma, em 1973, um teste de desgaste foi conduzido por Reisbick e Bunshah⁴², para avaliar as características do desgaste e durabilidade de fresas *carbide*. Foram utilizados discos de aço, que foram desgastados por fresas *carbide* (nº 34, 4 e 700) de três marcas comerciais, sob pressão controlada (113 gf). Cada fresa deveria desgastar até uma profundidade determinada, sendo que dez ciclos de desgaste foram realizados para cada fresa, com o tempo necessário registrado. Como resultados, foram detectados diferenças significantes entre instrumentos, classificados quanto à marca comercial, e todos os instrumentos tiveram redução da eficiência de corte devido ao uso. A eficiência de corte foi reduzida, segundo os autores, pela fratura das lâminas de corte e pela diferença entre as marcas, atribuída à composição das fresas.

Em 1979, Pines e Schulman⁴⁰ realizaram um estudo clínico para caracterizar o desempenho de desgaste de fresas *carbide*, quando usadas para desgastar vários materiais

e tecidos. Foram utilizadas 39 fresas *carbide* (nº557) divididas em três grupos, de acordo com o material a ser desgastado: estruturas dentais, estruturas dentais e amálgama, ou resina composta. As fresas foram utilizadas para a confecção de preparos Classe I e II em molares e pré-molares com turbina de alta rotação e spray ar/água, realizados somente por um operador. As fresas foram analisadas em microscopia eletrônica de varredura, conforme dois critérios adotados: tempo clínico máximo de utilização (perda de corte) e tempo pré-estabelecido de uso. Como resultado, ficou demonstrado que, ao desgastar resina composta, há menor eficiência de corte, isso porque, com o aumento de temperatura superficial, a resina se funde e fica aderida entre as lâminas de corte. Quando o desgaste foi realizado em esmalte dental ou em amálgama, ocorreu um leve arredondamento das lâminas, provável causa da perda de eficiência. Embora a causa principal da menor eficiência de corte ao desgastar resinas compostas seja o arredondamento das lâminas de corte, uma causa secundária é a adesão de resina fundida, na fresa. Assim, o desenho da fresa deve possuir características específicas, de acordo com o material que se tenciona desgastar.

Considerando as alterações morfológicas ocorridas nas fresas, após o seu uso, Fichman et al.¹⁷, em 1981, realizaram um estudo para avaliar a relação entre a forma e a característica superficial de fresas *carbide*, com sua eficiência e longevidade. Foram utilizadas fresas *carbide* indicadas para desgaste dental e fresas utilizadas para polimento de amálgama. Após os desgastes, cada fresa foi submetida à limpeza em ultra-som, enxágüe e secagem, para posterior

análise em microscópio eletrônico de varredura. Completado o experimento, observou-se que as fresas esféricas (nº 2) e tronco-cônicas invertidas (nº 35), aplicadas em estrutura dental, apresentaram alterações visíveis, tanto na ponta do instrumento quanto na lâmina, o que pode ter ocorrido devido ao tamanho reduzido da ponta ativa desses instrumentos, o que leva a uma concentração da força. Nas fresas de dimensões maiores (cilíndricas lisas / nº 56; tronco-cônicas / nº 701), ocorreram pequenas alterações, provavelmente em decorrência de melhor distribuição de carga, devido a maior área da extremidade ativa da fresa. Os autores observaram irregularidades em algumas fresas, mesmo quando novas, provavelmente por defeito na usinagem e, também, foi notado o aspecto poroso do metal empregado para a confecção das fresas *carbide*, o que não invalida sua utilidade e eficiência. Em relação à sua eficiência, mesmo após o período de 5 minutos de utilização, as fresas ainda apresentam características que possibilitam a continuação de seu uso por mais tempo.

Em 1989, Fontana et al.¹⁸ estudaram o efeito do tempo de utilização sobre as características superficiais de dois tipos de instrumentos rotatórios: pontas diamantadas e fresas *carbide*. Foi realizada análise fotomicrográfica em lupa estereoscópica dos instrumentos antes e depois de serem utilizados para desgastar esmalte dental humano. Os instrumentos foram utilizados por um período total de 32 minutos. Os resultados demonstraram, inicialmente, defeitos de fabricação os quais se acentuaram com a utilização das fresas. Foram observadas alterações em ambos os

instrumentos, sendo que, nas fresas *carbide*, foram principalmente observadas fraturas das lâminas e o seu arredondamento, proporcionais ao tempo de utilização.

2.3 Controle de infecção cruzada

Considerando que, devido ao custo, as brocas devem ser reutilizadas por diversas vezes antes de serem descartadas, e que, para isso, as mesmas devem ser esterilizadas, Mc Lundie²⁹, em 1974, realizou um estudo para avaliar o efeito da esterilização de fresas *carbide*, em estufa ou em autoclave. Brocas de duas marcas comerciais foram submetidas a 30 ciclos de esterilização, após serem colocadas em ambiente livre de oxigênio, pela incubação das brocas em tubos de vidro contendo nitrogênio. As brocas foram divididas em quatro grupos de acordo com o método de esterilização ou desinfecção: estufa (160°C, 1 h.); estufa (180°C, 30 min.); autoclave sem vácuo (134°C, 10 min.) e em autoclave a vácuo (134°C, 20 min); imersão em água fervente (10 min.); imersão em soluções desinfetantes (24 horas). Os instrumentos foram submetidos a 30 ciclos de esterilização ou desinfecção e foi realizada análise fotomicrográfica em microscópio eletrônico de varredura. Os resultados possibilitaram a constatação de que a esterilização em soluções desinfetantes e a desinfecção em água fervente promovem a deterioração da superfície da fresa, enquanto que a estufa e a autoclave favorecem o aparecimento de pequenas alterações. O autor conclui que a esterilização em substâncias químicas além de ser ineficiente, promove degradação nas fresas *carbide* e o processamento

em estufa ou em autoclave deve ser, preferencialmente, utilizado para a esterilização desses instrumentos.

O Council on Dental Materials and Devices and Council on Therapeutics¹, em 1978, relatou que a American Dental Association (ADA), por meio de diversas publicações, vem difundindo normas para o controle de infecção cruzada, por meio da recomendação do uso de procedimentos adequados de assepsia e da orientação dos profissionais a respeito de sua responsabilidade no controle de infecção cruzada nos consultórios odontológicos.

Um estudo foi executado por Johnson et al.²⁰, em 1987, para verificar a eficácia de quatro substâncias anticorrosivas, na manutenção da eficiência de corte de pontas *carbide* esterilizadas em autoclave. A eficiência de corte foi avaliada a partir do desgaste de blocos de hidroxiapatita, utilizando-se turbina de alta rotação sob refrigeração (spray de água). A eficiência de corte foi medida levando-se em consideração o tempo necessário para a fresa cortar os 5 mm de hidroxiapatita. Este trabalho não avaliou o efeito anticorrosivo das substâncias avaliadas, atendo-se apenas ao efeito sobre a eficiência de corte das fresas, porém, se há relação entre a corrosão e a eficiência de corte das fresas, a utilização das substâncias anticorrosivas auxilia na longevidade das fresas *carbide*, controlando a corrosão durante a autoclavagem e reduzindo a perda de eficiência de corte devido a este método de esterilização. Segundo os autores, a solução de nitrato de sódio é uma boa opção em se

tratando de anticorrosivo, uma vez que possui baixo custo, ao contrário das demais substâncias avaliadas, e possibilita considerável preservação da eficiência de corte das fresas, após serem autoclavadas.

Como os instrumentos rotatórios utilizados em odontologia são inevitavelmente contaminados com sangue e saliva durante o uso, é imprescindível submeter tais instrumentos a processos de limpeza e esterilização, para minimizar o risco de infecção cruzada. Com este intuito, Patterson e McLundie³⁹, em 1988, realizaram um estudo para avaliar o efeito da limpeza em ultra-som e esterilização em autoclave, sobre fresas *carbide*. Fresas *carbide* FG, de duas marcas comerciais, foram submetidas a 40 ciclos de tratamento por um dos três processos: limpeza em ultra-som, limpeza em ultra-som seguida por esterilização em autoclave, e esterilização em autoclave. Cada ciclo de limpeza em ultra-som compreendeu vibração durante 5 minutos, seguida pela lavagem em água corrente durante 5 minutos. A esterilização foi realizada em autoclave a 134°C durante 3-5 minutos a 32 psi (tempo total de 20 minutos), estando as fresas acomodadas em embalagens permeáveis. Os instrumentos foram avaliados após 1 e 40 ciclos de limpeza e/ou esterilização, utilizando-se microscopia eletrônica de varredura. Após os 40 ciclos de limpeza e/ou esterilização, todas as fresas de uma das marcas comerciais permaneceram inalteradas, apesar de apresentarem um ligeiro escurecimento. Porém, após apenas 1 ciclo de limpeza, as fresas da outra marca mostraram sinais de corrosão, visíveis a olho nu. A inspeção em microscópio eletrônico de varredura

confirmou que o dano ocorreu na área de interface *carbide* haste de aço que foi danificada seletivamente. Segundo os autores, a diferença do efeito dos procedimentos, nas fresas das diferentes marcas, provavelmente ocorreu em função do material que compõe as fresas. Os autores também observaram que a localização da área de solda era diferente entre as marcas (em uma das marcas localizava-se na haste e na outra, na lâmina de corte), o que pode ter uma importante implicação clínica, por se tratar do ponto principal de localização da degradação devido à limpeza/esterilização. A colocação da solda na área da lâmina de corte deixa esta junção exposta ao desgaste durante o uso, aumentando o risco de ocorrer a ruptura da união haste/ponta ativa durante o uso. Com esses achados, os autores concluem que, apesar de algumas fresas *carbide* serem suscetíveis a danos, todos os instrumentos rotatórios que serão reutilizados devem ser submetidos à limpeza e esterilização, e que soluções ácidas para ultra-som devem ser utilizadas com cautela.

A corrosão de instrumentos cortantes rotatórios promove a redução da eficiência de corte mesmo a níveis microscópicos, além de enfraquecer a união da extremidade ativa à haste. Considerando que muitas substâncias utilizadas para a esterilização/desinfecção dos instrumentos contém ingredientes ativos potencialmente corrosivos, Bapna e Mueller⁴, em 1988, realizaram um estudo para avaliar o potencial corrosivo de combinações específicas de soluções desinfetantes. Dois tipos de fresas foram utilizados, fresas de aço comum e fresas *carbide*, que foram imersas em cinco diferentes soluções desinfetantes. A avaliação da corrosão foi

feita por meio de um potenciômetro, o qual registrava a ocorrência de trocas iônicas na superfície da fresa e, de maneira qualitativa, em microscópio eletrônico de varredura. As substâncias avaliadas promoveram o desenvolvimento do processo corrosivo em todas as fresas de aço comum e, nas fresas *carbide* o processo de corrosão ocorreu principalmente na interface de união ponta ativa/haste. Segundo os autores, o comportamento das fresas *carbide* no eletrólito (substância desinfetante) está associado tanto aos constituintes microestruturais como, também, à formação de uma ligação galvânica macroscópica entre diferentes partes da fresa. Isso porque a haste metálica provavelmente ser feita de um aço inoxidável *martensitic* (com ausência ou pequena quantidade de níquel); a solda é, provavelmente, composta por prata-cobre-zinco-manganês e níquel, e a extremidade ativa é feita *carbide* impregnado com pó de cobalto. É óbvio que ligações galvânicas desiguais se formem quando essas fresas são imersas em soluções desinfetantes/esterilizantes. A haste é catódica, a área de solda é anódica, assim como a extremidade ativa (apesar desta característica eletroquímica, não apresentou corrosão).

Em 1990, Cooley et al.¹¹ realizaram um estudo para avaliar o efeito de vários métodos de esterilização sobre a eficiência de corte e a resistência de fresas utilizadas durante o preparo de pinos dentinários. Tipos de esterilização: (1) autoclave com vapor químico por 20 minutos a 20 l/pol² e 132 °C; (2) autoclave com vapor d'água por 20 minutos a 15 l/pol² e 121 °C; (3) calor seco por 1 hora a 163 °C; (4) imersão em glutaraldeído 2% por 10 horas em temperatura ambiente;

ou (5) as fresas não foram submetidas a qualquer processo de esterilização (controle). Foi realizada a avaliação das características em microscópio eletrônico de varredura. A eficiência de corte foi avaliada por meio da comparação do tempo gasto para preparar o conduto para o pino, antes e após a esterilização. Esses instrumentos também foram submetidos ao teste de resistência à fratura (flexão), em uma máquina de ensaios mecânicos. Os resultados revelaram que a eficiência de corte foi reduzida apenas quando as fresas foram submetidas à esterilização em autoclave por vapor d'água; nenhuma diferença estatisticamente significativa foi encontrada entre os grupos, para o teste de resistência à fratura após os ciclos de esterilização; e, apenas as fresas submetidas à esterilização em autoclave por vapor d'água sofreram modificações na superfície, quando analisadas ao microscópio. Os autores afirmaram que a redução da eficiência de corte de fresas submetidas à esterilização em autoclave com vapor d'água pode ter ocorrido devido ao processo de corrosão da superfície, que pôde ser observada nas imagens em microscópio, corrosão esta que pode ser evitada ou minimizada com a utilização de substâncias anticorrosivas, previamente à esterilização, e pela completa secagem dos instrumentos, conseguida pelo escoamento total da autoclave antes de abri-la.

Considerando que o adequado preparo do instrumental é fundamental para a manutenção da cadeia asséptica, Medeiros et al.³², em 1990, avaliaram a eficácia de alguns dos principais métodos de desinfecção e/ou esterilização que podem ser aplicados nos consultórios. Para

a avaliação, fresas de aço inoxidável para alta rotação foram contaminadas com uma das três culturas: *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis* ou *Clostridium sporogenes*. Depois da contaminação, foram submetidas a um dos seguintes procedimentos: formaldeído a 1% + álcool etílico a 54% + sais de quaternário de amônio a 1%, durante 10 minutos, 30 minutos e 10 horas; glutaraldeído a 2%, durante 10 minutos, 30 minutos e 10 horas; paraformaldeído (6 pastilhas de formalina) durante 24 horas em um recipiente hermeticamente fechado; estufa a 160°, durante 90 minutos; nenhuma (grupo controle). Foram necessárias 3 fresas para cada condição experimental (n=36). Logo após o término do período de desinfecção ou esterilização, as fresas foram lavadas com soro fisiológico estéril e inoculadas, separadamente, em tubos contendo meio de cultura fluido, para avaliação do turvamento do meio como representativo do crescimento bacteriano e, conseqüentemente, da ineficácia do método de esterilização. Os métodos químicos de esterilização foram eficazes somente se aplicados durante 10 ou 24 horas, enquanto o tempo utilizado para a estufa foi suficiente para eliminar formas esporuladas de microrganismos. Em sua conclusão, os autores alertam para a necessidade de utilização desses materiais adequadamente, desde o tratamento dos instrumentais até o período de contato com o meio esterilizante.

Magro-Filho et al.³⁰, em 1991, verificaram a aplicação das normas básicas de esterilização e desinfecção, assim como a paramentação utilizada rotineiramente pelo cirurgião dentista e auxiliar no consultório odontológico. Os

dados obtidos, a partir dos questionários evidenciados aos clínicos, permitiram concluir que: grande parte dos cirurgiões dentistas não está obedecendo às normas de paramentação, desinfecção e esterilização; o cirurgião dentista e auxiliar odontológico estão completamente expostos às doenças infecto-contagiosas, como também podem estar contribuindo para a disseminação dessas doenças.

Considerando a ampla utilização de fresas Gates-Glidden em diversos procedimentos odontológicos e a carência de informações referentes à sua resistência à corrosão em meios químicos, Lopes et al.²⁶, em 1992, realizaram um estudo para analisar a resistência à corrosão de fresas Gates-Glidden de aço inoxidável, em meio contendo hipoclorito de sódio. Foram utilizadas 24 fresas número 3 (0,9 mm), divididas em três grupos, de acordo com a marca comercial: Maillefer, Meisinger e FKG, que foram imersas durante períodos de cinco, dez, vinte e trinta minutos em solução de hipoclorito de sódio, com concentração de 4 a 6%, e posteriormente lavadas em ultra-som com acetona, e analisadas em microscópio eletrônico de varredura, para comparação qualitativa da resistência à corrosão. A avaliação quantitativa da resistência à corrosão foi feita por meio da pesagem das fresas em balança com precisão de 0,01 mg, antes do ataque e após a imersão na solução química durante trinta minutos. Os resultados obtidos mostraram que a resistência à corrosão das fresas Gates-Glidden de aço inoxidável, quando imersas em solução de hipoclorito de sódio de 4% a 6%, variaram, de acordo com o fabricante, e o acabamento superficial não teve efeito controlador na

resistência à degradação. Portanto, segundo os autores, apesar de os aços inoxidáveis formarem uma superfície protetora à corrosão em um grande número de meios (substâncias), esta camada pode ser ineficiente, principalmente em meios cloretados.

Em 1994, Araújo et al.² avaliaram o efeito de métodos de desinfecção e esterilização sobre a integridade de pontas diamantadas. Foram avaliados quatro agentes de desinfecção ou de esterilização: estufa, Calbenium, Cidex e Glutasept. As pontas diamantadas (nº1093, KG Sorensen) foram utilizadas em dentes humanos, com tempo de desgaste controlado, sendo, então, avaliadas quanto ao grau de alterações em lupa estereoscópica (n=30). Depois desse exame, foram submetidas à ação dos agentes antimicrobianos e novamente avaliadas. Concluiu-se que: os processos de esterilização/desinfecção utilizados não alteram as pontas diamantadas e que as alterações observadas foram devidas ao uso.

Considerando que os instrumentos utilizados no atendimento clínico de pacientes devem ser esterilizados e que a autoclave é o método prático mais seguro para a esterilização, Savage e Walsh⁵⁰, em 1995, publicaram um artigo com o intuito de esclarecer dúvidas a respeito desse método, visando assegurar seu adequado uso. Segundo os autores, os instrumentos, após o uso, devem ser submetidos à desinfecção, lavagem, embalagem, autoclavagem e, posteriormente, devem ser mantidos herméticos até sua re-

utilização. O local que recebe instrumentos contaminados deve possuir uma vasilha contendo solução desinfetante onde serão despejados os instrumentos, exceto fresas e limas endodônticas que podem ser submetidas diretamente à limpeza para minimizar risco de injúrias e acidentes durante o manuseio. A limpeza ou lavagem dos instrumentos é, segundo os autores, uma etapa muito importante, pois tem o objetivo de remover resíduos que poderiam impedir a penetração do vapor e esterilização. Em seguida, os instrumentos devem ser secos e embalados para a esterilização. A secagem dos instrumentos é importante porque auxilia na prevenção da corrosão, além de auxiliar no controle de infecção, pois embalagens molhadas podem permitir que microrganismos passem através desta e sejam disseminados no ambiente. Por fim, a esterilização em autoclave deve obedecer o tempo recomendado para cada tipo de material e embalagem. Genericamente, os ciclos mais rotineiramente utilizados são de 15 minutos para materiais não embalados e 20 a 30 minutos para instrumentos embalados, considerando-se a temperatura de 121°C e pressão de 103 kPa. Segundo os autores, o método de esterilização em autoclave é simples de ser executado e possibilita bons resultados, porém, requer o correto preparo dos instrumentos, como a remoção de resíduos de corte, embalagem e ciclo de esterilização.

Burkhart e Crawford⁷, em 1997, realizaram um estudo para avaliar a efetividade de várias técnicas de limpeza, utilizando o ultra-som, na eliminação de resíduos do instrumental contaminado. Os resultados indicaram que a utilização do ultra-som como método de limpeza de

instrumentos odontológicos contaminados é eficiente, pois promove a redução da maior parte dos resíduos aderidos aos instrumentos, sendo que o enxágüe é fundamental para garantir a eliminação dos resíduos. Porém, os autores alertam para o fato de que as soluções utilizadas em ultra-som podem ser fonte de contaminação dos instrumentos se forem utilizadas em sucessivos procedimentos de limpeza.

Palenik et al.³⁸, em 2000, publicaram uma revisão de literatura a respeito de métodos recomendados para o controle de infecção cruzada. Segundo os autores, a aplicação de procedimentos de controle de infecção adequados ajuda a proteger os dentistas, os pacientes e a comunidade. Além disso, o objetivo é minimizar a virulência de microrganismos potencialmente patogênicos e remover e/ou eliminar organismos que tenham contaminado objetos e superfícies. Para essas finalidades, devem ser seguidas normas pré-estabelecidas que envolvem a prevenção do contato de microrganismos entre indivíduos (utilização de barreiras) e a eliminação de micróbios encontrados nos objetos (desinfecção ou esterilização). Os autores recomendam a esterilização de todo material que se tenciona reutilizar.

Em 2000, o Ministério da Saúde⁶ publicou um manual de condutas direcionado aos cirurgiões dentistas, para o controle de infecção cruzada em seu ambiente de trabalho. Este roteiro apresentava informações práticas a respeito da situação e tendência da disseminação da AIDS no Brasil, riscos de transmissão desta e de outras doenças, assim como

métodos para evitar ou controlar sua difusão. Dentre as medidas de precaução, estão relacionados quatro princípios: (1) os profissionais devem tomar medidas para proteger a sua saúde e a da sua equipe; (2) os profissionais devem evitar contato direto com matéria orgânica; (3) os profissionais devem limitar a propagação de microrganismos, e (4) os profissionais devem tornar seguro o uso de artigos, peças anatômicas e superfícies. Fica evidente através deste manual que a responsabilidade sobre o controle de infecção cruzada nos consultórios é responsabilidade do cirurgião dentista, que deve aplicar todos os métodos sugeridos e estabelecidos para que, de fato, o tratamento odontológico não seja fonte de disseminação de doenças.

Considerando a importância da esterilização de instrumentos rotatórios na redução do risco contaminação cruzada através desses instrumentos, foi apresentada a dissertação de Santana⁴⁸, em 2000. Foi avaliado o efeito de dois métodos de esterilização (calor seco e vapor sob pressão) sobre a eficiência de desgaste de pontas diamantadas cilíndricas de duas marcas comerciais, ao desgastar esmalte dental humano. A cada 12 minutos de desgaste, sob pressão controlada, os instrumentos eram submetidos à limpeza com escova de aço e esterilização por um dos métodos estudados, dependendo do grupo a que pertencia, sendo que as pontas do grupo controle não foram esterilizadas. Com este trabalho, verificou-se a perda da eficiência de desgaste ao longo do tempo e os métodos de esterilização não interferiram na eficiência de corte das pontas diamantadas.

Em 2001, Ferreira et al.¹⁶ estudaram o efeito de diferentes métodos de limpeza, esterilização e desinfecção, sobre a integridade de instrumentos cortantes rotatórios. Foram utilizadas fresas de aço carbono de baixa rotação, e aço/*carbide* de alta rotação. A análise foi feita visualmente utilizando-se lupa estereoscópica e programa de computador LEICA, com aumento de 20 a 30 vezes; os resultados foram registrados em fotografias e analisados comparativamente entre os grupos. Com esse estudo, os autores puderam observar a ocorrência de corrosão nas fresas, que foi progressivamente maior a cada reprocessamento. Com os resultados, ficou claro que entre os métodos de esterilização/desinfecção dos instrumentos, aquele que causou menores danos às fresas, tanto de aço carbono quanto de aço *carbide*, foi o calor seco (estufa). Em relação à utilização de lubrificantes anticorrosivos para esterilização em autoclave, as fresas de baixa e alta rotação apresentaram comportamentos distintos, sendo que a utilização de nitrito de sódio a 1% foi o mais eficaz para fresas de aço carbono, enquanto que o Sekudrill e, secundariamente o Premix Slip, foram os mais eficientes na prevenção da corrosão em fresas de aço *carbide*. Segundo os autores, a utilização da imersão de fresas de aço carbono ou de aço *carbide* em substâncias desinfetantes não é recomendada, por promover alto grau de corrosão nesses instrumentos.

Considerando a importância da correta manipulação, limpeza e esterilização dos instrumentos para a manutenção da cadeia asséptica e proteção dos pacientes, dentistas e auxiliares, Miller³⁴, em 2002, publicou um artigo sugerindo um protocolo de controle de infecção. Nesse artigo, o autor indica uma sequência de processamento, que envolve desinfecção, limpeza, secagem e tratamento contra corrosão e empacotamento para esterilização. Dessa forma, após o uso, os instrumentos devem permanecer imersos em alguma solução desinfetante durante um tempo mínimo (menor do que 3 horas, para evitar a corrosão). Essa etapa, segundo o autor, apesar de não ser essencial, deve ser realizada por facilitar a limpeza, que é extremamente importante para remoção de resíduos que poderiam isolar os microrganismos do agente de esterilização; deve, preferencialmente ser realizada utilizando-se um aparelho de ultra-som ou esponjas e substâncias detergentes. Depois da limpeza, instrumentos a base de aço não inoxidável devem ser secos e imersos na solução anti-corrosiva (nitrito de sódio), secos novamente antes de serem empacotados para a esterilização, pois poderiam sofrer corrosão se entrassem em contato direto com água e calor. Depois desse processamento, os instrumentos devem ser empacotados para esterilização, o que assegura que os mesmos permanecerão estéreis até o momento da sua utilização.

Em 2002, Miller³³ publicou um artigo descritivo do processo de esterilização e técnicas usadas para manter a esterilidade dos instrumentos, até o atendimento ao paciente.

Os principais métodos utilizados para esterilização de instrumentos odontológicos são: o calor sob pressão (autoclave), o calor seco (estufa) e o vapor químico insaturado (quimiclave). A esterilização deve ser realizada adequadamente, dependendo da técnica a ser seguida e dos instrumentos que se quer esterilizar. Assim, deve-se optar por embalagens apropriadas e verificar a relação tempo/temperatura de cada equipamento para que o efeito esterilizante seja alcançado, preservando a integridade do instrumental. A esterilização em vapor sob pressão deixa as embalagens úmidas que, por esse motivo, não devem ser removidas antes da completa secagem, para evitar que rasguem ou que microrganismos sejam transportados para dentro da embalagem úmida através da água. Depois da esterilização, os instrumentos estéreis devem ser estocados até o momento de seu uso em local seco e arejado. Instrumentos não embalados devem ser usados imediatamente. O monitoramento da efetividade da esterilização é muito importante para garantir a segurança contra a transmissão de microrganismos via instrumental. Desta forma, devem ser efetuados testes com esporos ou tintas termo-sensíveis internamente às embalagens. O autor conclui que o processamento do instrumental não envolve apenas a esterilização, mas, também, a manutenção da esterilidade dos instrumentos até o momento de sua utilização subsequente.

Tavares da Silva et al.⁵⁷, em 2002, estudaram o efeito associado de um método de limpeza e diferentes métodos químicos de desinfecção, sobre a eficiência de corte

de pontas diamantadas de diferentes marcas comerciais. Para isso, foi feita a análise gravimétrica por meio de desgaste em esmalte dental humano, utilizando-se pressão de corte controlada (50-80 gf). Foram realizados desgastes a cada 30 segundos, sendo que, completados 300 segundos, a ponta diamantada era submetida à limpeza com escova de aço seguida de desinfecção (glutaraldeído 2%, derivado de amônia 0,2% ou nenhuma desinfecção). Esses procedimentos foram repetidos até que se completassem 1.200 segundos de desgaste. Através da análise estatística, pôde-se observar que a eficiência de corte foi reduzida com o tempo de uso e que os métodos de desinfecção mantiveram por mais tempo a eficiência de corte das pontas diamantadas, apesar de ter ocorrido comportamentos diferentes entre as marcas comerciais.

Em 2002, Tavares da Silva et al.⁵⁸ avaliaram o efeito de métodos químicos de desinfecção, após limpeza com ultra-som, sobre a eficiência de corte de pontas diamantadas de diferentes marcas comerciais. Foi feita pesagem de dentes humanos extraídos após sofrerem desgaste, sob pressão controlada (50gf a 80 gf), a cada 30 segundos. A amostra compreendeu 27 corpos-de-prova, divididos em três grupos para cada marca comercial. As pontas eram submetidas à limpeza com ultra-som e desinfetadas pelo método selecionado (glutaraldeído 2%, derivado de amônia 0,2% ou nenhuma desinfecção), depois de completados 300 segundos de desgaste. Esses procedimentos foram repetidos até completar o período de 2.400 segundos de desgaste. Depois da análise dos resultados, os fatores: marca comercial e

tempo foram estatisticamente significantes, demonstrando que a eficiência de corte é reduzida com o tempo de uso e as marcas comerciais tiveram comportamentos diferentes entre si. Os agentes de desinfecção não causaram alteração na eficiência de corte das pontas diamantadas.

O número de doenças infecciosas e a infecção cruzada vêm aumentando drasticamente entre os profissionais da área odontológica. É, portanto, essencial, o efetivo controle de infecção do local de trabalho, a fim de minimizar o risco de transmissão de infecção em todos os consultórios odontológicos, em que procedimentos invasivos são rotineiramente executados. Machado e Kather²⁸, em 2002, publicaram um estudo que avaliou, por meio de questionários, a utilização de métodos de controle de infecção cruzada empregados por 75 cirurgiões dentistas na cidade de Taubaté. A apuração desses resultados levou à constatação de que a maioria dos profissionais está preocupada com a contaminação, mas, ainda assim, ignoram ou não utilizam as barreiras de proteção, principalmente devido a fatores econômicos e à falta de costume. Além disso, pôde-se notar que as fresas, em sua maioria, são submetidas ao processo de esterilização em glutaraldeído.

Em 2004, Santi et al.⁴⁹ publicaram um trabalho que avaliou o conhecimento e a utilização de métodos para controle de infecção cruzada por alunos de Odontologia, dentistas e seus auxiliares, na cidade de Araraquara, SP. Foram encaminhados questionários a respeito dos métodos

para a realização e manutenção da assepsia em ambiente odontológico, visando observar, entre outros, os procedimentos para a descontaminação de superfícies, materiais e instrumentos rotatórios. Com a análise dos resultados verificou-se que muitas normas de biossegurança são seguidas, tais como: a desinfecção do equipo, instrumentais e ambiente, a utilização de coberturas de superfície, por 88,39% dos alunos, 97,36% dos profissionais e 100% das auxiliares. Porém, alguns aspectos como a utilização de paramentação e a esterilização de instrumentos rotatórios precisam ser melhor divulgados, uma vez que apenas 68,18% das auxiliares e 73,68% dos profissionais utilizam gorro, e nenhum dentista mencionou utilizar óculos de proteção, além de um grande número de profissionais (78,94%) e de alunos (55,35%) utilizarem substâncias químicas para esterilização dos instrumentos rotatórios. Este trabalho mostrou a necessidade de treinamento cuidadoso da equipe auxiliar e, também, de maior divulgação das normas de segurança associados à conscientização de sua importância para melhorar o controle de infecção em ambiente odontológico.

2.3.1 Utilização do forno de microondas

Como o mecanismo do efeito letal da irradiação por microondas é desconhecido, Vela e Wu⁵⁹, em 1979, realizaram um estudo para avaliar a natureza desse efeito sobre células microbianas, além da influência da quantidade de água na amostra, utilizando-se um forno de microondas doméstico (2.450 MHz e 150 W), que continha um prato giratório. Com os

resultados, foi possível concluir que, na presença de água, a temperatura da amostra e a inativação das bactérias dependem da quantidade de radiação distribuída dentro da cavidade do forno de microondas e, também, que o aumento de temperatura da amostra depende da quantidade de água no microrganismo. Todos os microrganismos falharam em absorver energia suficiente, no estado seco, capaz de promover a inativação, mesmo após longos períodos de irradiação, portanto, a absorção de energia depende da quantidade de água. Segundo os autores, o efeito letal das microondas é somente térmico e, se existe um efeito não térmico, ele não é bactericida, apesar disso, na possibilidade de existir, a água é necessária para potencializar os efeitos não térmicos.

Em 1985, Rohrer e Bulard⁴⁵ publicaram um trabalho que teve por objetivo desenvolver um método de esterilização de fresas odontológicas, sem danificá-las, e um método de esterilização de turbinas (peças de mão), que fosse aceito pelos dentistas e facilmente executado pela auxiliar. Foi avaliada a esterilização, em forno de microondas doméstico, de próteses totais e parciais, fresas odontológicas (*carbide* e diamantadas), instrumentos manuais e peças de mão. Diversos microrganismos foram utilizados para análise, como leveduras, bactérias e vírus. Para a irradiação de instrumentos metálicos, foi colocado juntamente com os instrumentos um béquer contendo 150 ml de água, para funcionar como absorvente de energia. Além disso, foi utilizado um dispositivo que permitia a rotação tridimensional dos materiais irradiados, para possibilitar que toda superfície dos mesmos entrasse em

contato com a radiação eletromagnética. A esterilização foi conseguida após 15 minutos de exposição. Os autores concluíram que instrumentos metálicos, como fresas e peças de mão, podem ser esterilizados em fornos de microondas domésticos, desde que seja prevenida a formação de um arco de energia e que os instrumentos sejam totalmente expostos à radiação.

Rizzo⁴³, em 1993, estudou o efeito da esterilização em microondas sobre as características morfológicas de pontas diamantadas, utilizando um microscópio e fotografias. Completados os 15 ciclos de esterilização em microondas por 3 minutos, as fresas foram novamente analisadas ao microscópio e fotografadas nas mesmas áreas. Não houve alteração das características das fresas como: brilho e suavidade da superfície de aço, integridade ou perda da cromatura interposta entre os diamantes, além da resistência ao deslocamento dos cristais com o uso de uma agulha fina. O autor concluiu que, apesar de não ter sido realizada análise microbiológica, a esterilização em microondas pode ser usada como método alternativo para fresas diamantadas, favorecendo sua reutilização.

Em 1994, Rosaspina et al.⁴⁶ estudaram o efeito da irradiação em microondas sobre a *Candida albicans*. Lâminas de bisturi (aço) e lâminas de vidro foram contaminadas com *Candida albicans* (10^7) e, depois de secas, foram completamente imersas em um béquer de vidro contendo água destilada em temperatura ambiente. O conjunto, então, foi

exposto às ondas eletromagnéticas a uma frequência de 2400 MHz, emitidas por um forno de microondas de esterilização a 600W (Sterivelox S90S), por períodos variados de exposição. Grupos controle foram feitos por meio da contaminação dos mesmos instrumentos e colocação em água fervente (pelo mesmo período de fervura por microondas), em estufa (140°C, 4 h) e autoclave (121°C, 20 min). As análises foram realizadas em microscópio eletrônico de varredura, mas para assegurar que havia ocorrido esterilização, as amostras foram semeadas e incubadas (37°C, 48h). A esterilização por microondas ocorreu com 2 minutos de exposição (45°C) e as alterações nos microrganismos foram proporcionais a esse tempo. Amostras colocadas na água fervente produziram 100% de mortalidade, mas nenhuma modificação celular foi evidente. Com esses achados, os autores concluem que, juntamente com o efeito térmico, as microondas podem exercer em efeito mais complexo sobre as células dos microrganismos, mas este mecanismo ainda precisa ser elucidado.

Rosaspina et al.⁴⁷, em 1994 estudaram o efeito esterilizante de um novo sistema de esterilização em microondas, sobre os microrganismos (10^9 UFC/ml): *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella oxitocica*, *Escherichia coli*, *Citrobacter freundii*, *Proteus mirabilis*, *Staphilococcus aureus*, *Streptococcus faecalis*. Lâminas de bisturi foram contaminadas por cada microrganismo, individualmente, e, depois de secas, foram completamente imersas em um bquer de vidro contendo água destilada em temperatura ambiente. O conjunto, então, foi exposto às ondas eletromagnéticas a uma frequência de 2400 MHz, emitidas por um forno de microondas

para esterilização a 600W (Sterivelo S90S), por períodos de exposição variados e, posteriormente, os instrumentos foram semeados e incubados (37°C durante 48 horas) para verificação do crescimento bacteriano. Havia ainda um grupo controle positivo (somente contaminado, semeado e incubado) e um grupo controle negativo (autoclave a 121°C, 15 min). Foi conseguida esterilização ao final de 3 minutos de exposição. Alterações morfológicas celulares, tanto na forma vegetativa como na esporulada, foram proporcionais ao tempo de exposição. Os autores concluem que o método proposto permite uma esterilização rápida e eficaz de lâminas de bisturi, e que o efeito letal não é somente térmico, mas, também, das microondas.

Alguns fabricantes relatam a possibilidade de submeter instrumentos rotatórios, utilizados para polimento de restaurações, a processos de desinfecção e/ou esterilização, como forma de reutilizá-los, ao invés de descartá-los após o uso. Assim, Tate et al.⁵⁶, em 1995, se propuseram a avaliar a eficácia de vários métodos de desinfecção e esterilização, em dois tipos de instrumentos de acabamento e polimento de resinas compostas. Os tratamentos incluíam imersão em soluções desinfetantes (iodo, glutaraldeído e fenol sintético), esterilização física (microondas e autoclave) ou físico-química (Quimiclave), todos comprovadamente efetivos para esterilização. A eficácia dos métodos era avaliada por meio de análise microbiológica. Dentre os métodos de esterilização avaliados, as esterilizações física e físico-química foram eficientes e confiáveis, porém, dentre os métodos químicos, somente o glutaraldeído apresentou resultados confiáveis.

Portanto, apesar da limitação de desinfecção química e da possibilidade de degradação de instrumentos por métodos físicos e físico-químicos, os autores relatam que, quando se tenciona reutilizar os instrumentos, esses deverão ser esterilizados, caso contrário, deverão ser descartados.

Em 1996, Tate et al.⁵⁵ realizaram um estudo para avaliar o desempenho, antes e após a esterilização, de instrumentos rotatórios utilizados para polimento de restaurações de resinas, taças de resina impregnadas com material abrasivo (Enhance), e discos de dióxido de silício impregnados por um material a base de borracha (Min-Identoflex). Para avaliação da eficiência dos instrumentos, foram utilizados discos de resina composta de duas marcas comerciais (TPH e Z100) embutidos em cilindros de resina acrílica. Foram utilizados 30 instrumentos, sendo 15 de cada marca, divididos em três grupos, de acordo com o método de esterilização: forno de microondas, onde cada instrumento era colocado em um tubo de ensaio contendo 5 ml água e este dentro de um béquer contendo 100 ml de água, coberto com filme plástico e exposto a 750 watts durante 6 minutos. Depois da irradiação eram secos com ar; autoclave a 121°C durante 15 minutos, e nenhuma (controle – instrumentos somente secos com ar). Esses procedimentos de desgaste e esterilização foram realizados três vezes para cada instrumento. Como resultados, a esterilização não afetou a eficiência de desgaste das pontas Min-Identoflex, quando usadas em resinas TPH. A esterilização em autoclave, ou em microondas, melhorou a eficiência das pontas Enhance ao polir disco de resina TPH, o que, segundo os autores, pode ter

ocorrido devido à maior retenção das partículas abrasivas à matriz resinosa, em consequência do calor produzido durante os procedimentos de esterilização. Quando usadas na resina Z100, os dois tipos de instrumentos foram incapazes de promover maior lisura superficial, o que demonstra uma diferença entre as resinas e não um efeito dos instrumentos de polimento. Com estes achados, os autores concluem que todos os instrumentos avaliados podem ser esterilizados em fornos de microondas ou em autoclave, pelo menos três vezes sem afetar seu desempenho clínico, sendo, portanto, viável que sejam esterilizados após o uso.

Em 1996, Nunes et al.³⁶ realizaram uma revisão de literatura a respeito do mecanismo de funcionamento dos fornos de microondas. Segundo os autores, na sociedade moderna, onde o ritmo de vida é intenso, o forno de microondas é um utensílio doméstico e industrial indispensável, capaz de agilizar e racionalizar diversos procedimentos de aquecimento. A rapidez e automação do processamento fazem dele um artigo prático, de fácil higienização e de preço acessível. As denominadas microondas são ondas eletromagnéticas geradas pelo magnetron, que converte energia elétrica em campo eletromagnético. O processo de esterilização por microondas oferece os mesmos benefícios dos métodos convencionais, com vantagens adicionais relacionadas ao processamento contínuo, à ampliação da automação, à redução de mão-de-obra, à manutenção do equipamento e à economia de energia. A taxa de destruição de microrganismos é tão eficiente quanto a verificada no aquecimento convencional.

Como os principais constituintes da placa em bases de próteses são *Streptococcus gordonii* e *Candida albicans*, Webb et al.⁶¹, em 1998, realizaram um estudo para avaliar a eficácia da esterilização em microondas na inativação desses microorganismos. Para a realização do experimento, bases de próteses totais superiores foram confeccionadas e esterilizadas em autoclave e, posteriormente, contaminadas com *C. albicans* e *S. gordonii*. Após a contaminação, as bases foram submetidas a um dos métodos de esterilização: a) esterilização através em forno de microondas doméstico em diferentes potências e períodos de irradiação, e b) esterilização através da imersão em hipoclorito de sódio a 0,02% por 8 horas. A esterilização em forno de microondas é mais efetiva do que a imersão em glutaraldeído, desde que sejam utilizados 350 watts de potência e 6 minutos de irradiação.

Com o intuito de avaliar a eficácia da esterilização em microondas, Border e Rice-Spearman⁵, em 1999, realizaram um estudo microbiológico para verificação do tempo de exposição necessário para a destruição de diferentes microorganismos por irradiação em forno de microondas doméstico, comparando-se com a técnica da autoclave. Foi conseguida a destruição de todos os microorganismos ao final de 01 minuto de irradiação, em forno de microondas, a 650 watts (177°C). Segundo os autores, a esterilização em fornos de microondas é o procedimento mais rápido e de baixo custo, surgindo como uma boa alternativa para o controle de infecção cruzada em ambientes de saúde.

Em 2002, Farias et al.¹⁴ publicaram um resumo a respeito da otimização do uso de fornos de microondas, considerando a presença de pontos frios e pontos quentes durante a irradiação, no interior da cavidade dos mesmos. Avaliou-se o posicionamento do objeto exposto à energia por microondas e sua relação com falhas no processo de aquecimento e/ou esterilização. Para tal, foram avaliados, por meio da temperatura da água contida em um béquero, dois fornos de microondas e cinco diferentes posições. Foram utilizados dois minutos de exposição na potência máxima. Após a análise dos resultados, foi observado que, em ambos os fornos, as menores temperaturas e maiores coeficientes de variação foram encontrados nas posições mais utilizadas nos trabalhos da literatura científica: a posição central, tanto na altura do prato giratório, como a 3 cm de altura. Os autores concluíram que a ausência de padronização da posição dos objetos, no interior dos fornos de microondas, pode interferir no resultado dos trabalhos, aumentando ou mascarando o tempo necessário para o aquecimento e/ou esterilização dos materiais e instrumentos odontológicos, e interferindo no desempenho do forno de microondas.

Em sua dissertação de mestrado, Farias¹³, em 2003, avaliou a efetividade da esterilização de pontas diamantadas utilizando-se a energia por microondas, levando-se em consideração dois tipos de processamento. Para tal, oitenta e uma pontas diamantadas foram contaminadas por uma suspensão bacteriana mista. Foram utilizados diferentes períodos de irradiação e os instrumentos foram submetidos à

irradiação por microondas, conforme o método selecionado: (P1) limpeza com esponja de aço, irradiação em placa de petri (40 ml de água); (P2) acondicionamento em folha de poliéster e embalagens para esterilização em autoclave (sem limpeza); (P3) limpeza com escova de aço, esterilização e acondicionamento tal qual em P2. A esterilização foi obtida tanto no procedimento P1, com apenas 1 minuto de exposição, quanto nos instrumentos pertencentes ao grupo P3, com 6 minutos de irradiação. A autora conclui que a esterilização por meio da energia por microondas é um meio auxiliar para a esterilização de instrumentos rotatórios nos consultórios odontológicos, proporcionando esterilização de maneira rápida e econômica e sendo seguro, desde que seja realizada limpeza prévia do instrumental.

Fornos de microondas são empregados em muitos estudos e, para a padronização dos experimentos e otimização do uso, é essencial analisar os fatores que influenciam a temperatura. Pita et al.⁴¹, em 2004, publicaram o resumo de um trabalho que teve como objetivo avaliar a temperatura obtida pela irradiação em forno de microondas doméstico em função do tipo de forno, da posição e da altura no prato giratório. Foram utilizados fornos com única e dupla emissão de ondas; cinco posições: frontal (P1), látero-direita (P2), posterior (P3), látero-esquerda (P4), e central (P5); e duas alturas (3 cm e 5 cm) no prato giratório. Com um termômetro digital, avaliou-se a variação da temperatura da água, contida em um béquer plástico (60 ml), antes (26°C) e após a irradiação por 2 minutos a 800 watts. Com a análise estatística, verificou-se que a temperatura da água, obtida no

forno com dupla emissão de ondas, é maior ($m= 92,0500$) do que no forno com emissão única ($m= 91,0200$). As posições P2 ($m=92,2049$), P3 ($m=92,0499$) e P4 ($m=91,8883$) apresentaram os mesmos níveis de temperatura, e foram superiores a P1 ($m=91,0316$) e P5 ($m=90,5001$). A altura não representou efeito significativo ($p=0,24$). No forno de microondas com dupla emissão de ondas ($t=0,78691$) todas as posições tiveram médias iguais. Portanto, o forno com dupla emissão de ondas propicia distribuição mais homogênea, e também maiores níveis de temperatura. As posições látero-direita, látero-esquerda ou posterior devem ser preferencialmente utilizadas, ao invés da posição central, que apresenta menores níveis de temperatura em qualquer altura ou tipo de forno.

Proposição

3 Proposição

O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de análise gravimétrica, possíveis alterações na eficiência de corte de fresas *carbide*, de diferentes marcas comerciais, causadas pelo uso associado à esterilização.

Material e método

4 Material e método

4.1 Material

Os materiais, instrumentos e equipamentos utilizados nesta pesquisa foram:

4.1.1 Fresas carbide

Foram utilizadas, como corpos-de-prova, 70 fresas *carbide* cilíndricas lisas de extremidade plana (nº57), de duas marcas comerciais (Quadro 1). Cada fresa recebia uma marcação em sua haste, que representava a face inicial para a análise fotomicrográfica (face 1), para facilitar a comparação das alterações nas lâminas em decorrência do tempo de uso e ciclos de esterilização.

Quadro 1 – Identificação dos corpos-de-prova

MARCA	IDENTIFICAÇÃO	TIPO	FABRICANTE
Komet	H21. 010.314	6 lâminas	Brasseler USA, Savannah, GA, USA
S.S. White	FG 57	6 lâminas	S.S. White Burs Inc. Lakewood, NJ, USA

4.1.2 Substrato de corte

Como substrato de corte foi utilizado esmalte dental bovino^{9,24}, obtido de 1.050 (um mil e cinqüenta) dentes (incisivos)^{9,27,37,54} que, após sua obtenção, foram submetidos à limpeza com curetas periodontais, desinfecção em solução

de glutaraldeído 2%, por 30 minutos, limpeza em água corrente e secagem. Depois desses procedimentos, as áreas dos dentes que não seriam submetidas ao desgaste (porção radicular) foram impermeabilizadas pela aplicação de resina epóxica (cola Araldite, Brascola, São Bernardo do Campo, São Paulo, Brasil) e esmalte de unha (Figura 1). Posteriormente, os dentes foram mantidos imersos em água potável até o momento de sua utilização.



FIGURA 1 – Incisivo bovino impermeabilizado.

4.1.3 Material isolante

Foram utilizadas folhas de poliéster (Sacos de poliéster para fornos convencionais e de microondas, Cozinha Prática, Curitiba, PR, Brasil) cortadas nas dimensões 50 X 50 mm, para o envolvimento dos corpos-de-prova e manutenção de pequena quantidade de água (duas gotas) em torno dos mesmos durante a irradiação por uma das técnicas em forno de microondas (Microondas 1).

4.1.4 Embalagens para esterilização

Para a esterilização dos instrumentos em vapor sob pressão (autoclave) e em uma das técnicas em forno de microondas, foram utilizadas embalagens plásticas (envelopes) próprias para esterilização em autoclave (Medstéril, Bio Têxtil Ind. Com. de Prod. Hospitalares Ltda, São José dos Campos, SP, Brasil), na largura de 55mmX100mm.

4.1.5 Placas de Petri

Foram utilizadas oito placas de Petri descartáveis nas dimensões 90 mm x 15 mm (Placa descartável estéril, Pleion Indústria e Comércio de Plásticos Ltda, Barueri, SP, Brasil) para a outra técnica de irradiação em forno de microondas (Microondas 2).

4.1.6 Béquer

Um béquer de vidro (pirex), contendo 250 ml de água, foi utilizado durante o processo de esterilização por uma das técnicas em forno de microondas (Microondas 1), para absorver a carga potencial acumulada na superfície do metal, reduzindo a probabilidade de formação de um arco de energia, protegendo, assim, o gerador das microondas (magnetron) de um superaquecimento^{13,43,45}. Para essa finalidade, o béquer foi posicionado no centro do prato giratório do forno de microondas durante o processo de esterilização.

4.1.7 Suporte para os corpos-de-prova

Para a esterilização dos corpos-de-prova em microondas, foi utilizado um suporte de Tecaflon PTFE (PTFE, Plastireal, São Paulo, Brasil), idealizado e recomendado por Farias et al.¹⁴ em 2002 e Farias¹³ em 2003 (Figura 2). Esse dispositivo, com capacidade de suportar temperaturas de até 260°C em uso contínuo no forno de microondas sem se deformar, possui forma de mesa circular (30 cm de diâmetro e 3 cm de altura), contendo um orifício central e doze orifícios periféricos. Os orifícios com 4,5 cm de diâmetro, possibilitam o posicionamento corpos-de-prova verticalmente (técnica de esterilização em microondas 1), para que as ondas eletromagnéticas possam atingi-los em toda extensão^{13,14,45}.



FIGURA 2 – Dispositivo para suporte dos corpos-de-prova.

4.1.8 Instrumentos auxiliares

4.1.8.1 Turbina de alta rotação

Para a execução dos desgastes, foi utilizada somente uma turbina de alta-rotação²¹, com pressão de ar de 32 libras (2,1-2,3 bar) e 350.000 r. p. m. (Kavo Extratorque 625, Kavo do Brasil Indústria e Comércio Ltda, Joinville, SC, Brasil).

4.1.8.2 Cronômetro

Foi utilizado um cronômetro (Casio HS-6-4DF, Casio Computer Co., Ltda., Tóquio, Japão) para controle dos períodos de desgaste e de secagem dos dentes.

4.1.8.3 Pinça clínica

Para facilitar a apreensão e manipulação dos corpos-de-prova, foi utilizada uma pinça clínica que, além desta função, permitia que a ponta ativa dos corpos-de-prova fosse preservada do toque manual.

4.1.8.4 Conta gotas

Para a padronização da quantidade de água em contato com a fresa, na técnica de esterilização em forno de microondas que empregou duas gotas de água junto ao corpo-de-prova, foi utilizado um conta-gotas.

4.1.8.5 Broqueiro

Para esterilização em estufa, foi utilizado um broqueiro de alumínio, com capacidade para 15 fresas (Metalúrgica Fava indústria e comércio Ltda, Franco da Rocha, SP, Brasil), próprio para uso em processamentos de esterilização.

4.1.8.6 Dispositivo hexagonal

Foi idealizado e desenvolvido um dispositivo para apreensão das fresas durante a avaliação em lupa estereoscópica, no formato de um prisma de base hexagonal, cujas arestas medem 20 mm e o diâmetro da circunferência na qual está circunscrita a base, mede 8 mm (Figura 3). Esse dispositivo permitiu, não somente a apreensão da fresa no sentido de seu longo eixo, possibilitada por um orifício (Figura 3-A) em uma das bases, como também a análise comparativa das mesmas posições, arquivadas em fotomicrografias, nas diversas fases de verificação microscópica ao longo do experimento, devido a uma marcação no dispositivo sobreposta e coincidente com a marcação da fresa.

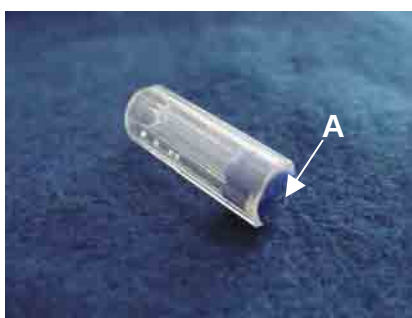


FIGURA 3 – Dispositivo de apreensão das fresas.

4.1.9 Equipamentos

4.1.9.1 Aparelho de sensibilidade à pressão

Como a pressão exercida sobre a turbina, durante os desgastes com alta rotação, influencia na eficiência de corte^{21,24,30,51,54}, para padronizar e controlar a pressão de corte exercida sobre o dente durante o desgaste^{11,18,19,22,24,25,27,42,48,52,57,58,62}, foi utilizado um aparelho sugerido por Fontana et al.¹⁹, em 1985. Esse aparelho foi calibrado para identificar a pressão entre 50 gf e 80 gf^{24,25,27,48,51,54,57,58}, possibilitando o seu controle (Figura 4). O aparelho é constituído, principalmente, por uma plataforma móvel (Figura 4-D) dotada de uma pequena morsa (dispositivo para a fixação do dente ou substrato de corte) (Figura 4-E). À medida que o operador exerce pressão sobre o substrato este conjunto se movimenta no sentido vertical e de cima para baixo. A magnitude da pressão exercida é identificada, e pode ser controlada, pela presença de um circuito eletrônico dotado de uma lâmpada de sinalização bicolor (Figura 4-C) que emite luz nas cores verde, se a pressão está em uma faixa de 50 gf a 80 gf, e vermelha, se a pressão exercida ultrapassa esse valor (80 gf). Se a pressão exercida é inferior a 50 gf, a lâmpada permanece apagada. Portanto, durante o desgaste, a lâmpada verde deverá estar acesa, representando que todos os desgastes sejam realizados dentro da faixa de pressão selecionada. Quando a pressão ultrapassa 80 gf, além da luz vermelha acender, um alarme sonoro é acionado acusando excesso de pressão, fato que deveria ser evitado.

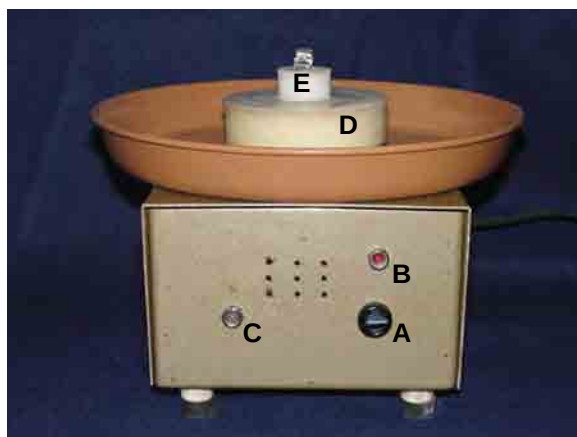


FIGURA 4 – Aparelho de sensibilidade à pressão.

A – Chave liga/desliga.

B – Lâmpada sinalizadora liga/desliga.

C – Lâmpada de sinalização da pressão de corte.

D – Plataforma móvel.

E – Morsa para fixação do substrato (dente).

4.1.9.2 Autoclave

A esterilização dos corpos-de-prova em vapor sob pressão foi realizada em uma autoclave (M9 Ultraclave, Dabi Atlante S/A Indústrias Médico Odontológicas, Ribeirão Preto, SP, Brasil), com pressão de trabalho de 103 kPa, correspondendo a 121°C.

4.1.9.3 Forno de microondas

A esterilização em forno de microondas foi realizada em um aparelho doméstico com dupla emissão de ondas^{14,41}, nas seguintes dimensões: altura 330 mm, largura 600 mm e profundidade 477 mm (Brastemp Sensor Crisp 38,

BMC 38A, Multibrás Ltda, Manaus, Am, Brasil), com prato giratório, na potência 9, que corresponde a 800 watts.

4.1.9.4 Estufa (Forno de Pasteur)

A esterilização dos corpos-de-prova por meio do calor seco foi realizada em uma estufa (Olidef CZ, Ind. e Comércio de aparelhos hospitalares, Ribeirão Preto, Brasil), regulada para manter a temperatura interna em 170°C +/- 1°C. A temperatura interna da estufa foi controlada pela utilização de um termômetro de teto, com escala de -10°C a +200°C.

4.1.9.5 Balança analítica

Para a aferição da massa dos dentes foi utilizada uma balança eletrônica, com capacidade para 200 gramas e sensibilidade de 1 miligrama (Sartorius BL-210S, Sartorius AG, Göttingen, Germany).

4.1.9.6 Lupa estereoscópica

Uma lupa estereoscópica (Carl Zeiss, Jena), modelo Citoval, nos aumentos de 50X e 100X, foi usada para a análise e acompanhamento visual da condição morfológica das fresas *carbide* ao longo do tempo de utilização.

4.1.9.7 Máquina fotográfica e Programa de computador

Para facilitar a análise das imagens das fresas, foi utilizada uma câmera digital (JVC TK-C1380, Victor Company of Japan Ltd., Tóquio, Japão) acoplada à lupa estereoscópica, que captava as imagens e as transportava para um programa de computador (Image Processing Analysis System – Leica Imaging Systems Ltd, Cambridge, London, UK).

4.1.9.8 Microscópio Eletrônico de Varredura

Foi utilizado um microscópio eletrônico de varredura (Steroscan 440, Leica Cambridge, Cambridge, London, UK) e, para a análise quantitativa e qualitativa da composição das fresas através de espectroscopia por difusão, foi utilizado o equipamento EDS (Oxford EDS Link exL-II, Oxford, USA).

4.2 Método

4.2.1 Planejamento experimental

Para este estudo considerou-se como variável a eficiência de corte de fresas *carbide* ao desgastar esmalte dental bovino. Como fatores de variação analisaram-se 5 métodos de esterilização (Tabela 1), 2 marcas comerciais de fresas *carbide* (Tabela 2) e 5 tempos de uso (períodos de 12 minutos) (Tabela 3).

Foi efetuado experimento preliminar para melhor definir a metodologia da experimentação principal; para avaliar a variabilidade do fenômeno em estudo e o controle dos fatores interferentes que não se desejou estudar; e para adestramento na metodologia a ser empregada e definição do número de repetições necessárias.

Desta forma, foi estabelecido um modelo fatorial 5 X 5 X 2, que determinou 50 condições experimentais com 7 repetições, totalizando 70 corpos-de-prova (fresas *carbide*) onde foram feitas 5 leituras, gerando um volume amostral de 350 leituras. O critério de decisão foi tomado ao nível de 5%.

Os fatores de variação com seus diferentes níveis estão agrupados e representados nas Tabelas 1, 2 e 3 a seguir.

Tabela 1 – Métodos de esterilização

SIGLA	MÉTODO DE ESTERILIZAÇÃO
E ₁	CONTROLE
E ₂	AUTOCLAVE
E ₃	MICROONDAS 1
E ₄	MICROONDAS 2
E ₅	ESTUFA

Tabela 2 – Marcas comerciais

SIGLA	MARCA COMERCIAL
M ₁	KOMET
M ₂	S. S. WHITE

Tabela 3 – Tempos de utilização

SIGLA	TEMPO
T ₁	12 minutos
T ₂	24 minutos
T ₃	36 minutos
T ₄	48 minutos
T ₅	60 minutos

4.2.2 Composição dos grupos experimentais

Considerando os fatores de variação e os seus respectivos níveis, formaram-se dez grupos experimentais (Quadro 2), para que seus efeitos sobre a eficiência de corte das fresas *carbide* pudessem ser comparados.

Quadro 2 – Grupos experimentais

GRUPOS	SIGLAS	ESTERILIZAÇÃO	MARCA	TEMPO DE USO
G ₁	E ₁ M ₁ T ₁₋₅	Controle	Komet	T ₁ a T ₅
G ₂	E ₂ M ₁ T ₁₋₅	Autoclave	Komet	T ₁ a T ₅
G ₃	E ₃ M ₁ T ₁₋₅	Microondas 1	Komet	T ₁ a T ₅
G ₄	E ₄ M ₁ T ₁₋₅	Microondas 2	Komet	T ₁ a T ₅
G ₅	E ₅ M ₁ T ₁₋₅	Estufa	Komet	T ₁ a T ₅
G ₆	E ₁ M ₂ T ₁₋₅	Controle	S. S. White	T ₁ a T ₅
G ₇	E ₂ M ₂ T ₁₋₅	Autoclave	S. S. White	T ₁ a T ₅
G ₈	E ₃ M ₂ T ₁₋₅	Microondas 1	S. S. White	T ₁ a T ₅
G ₉	E ₄ M ₂ T ₁₋₅	Microondas 2	S. S. White	T ₁ a T ₅
G ₁₀	E ₅ M ₂ T ₁₋₅	Estufa	S. S. White	T ₁ a T ₅

4.2.3 Avaliação da eficiência de corte

Para a avaliação do efeito dos fatores de variação sobre a eficiência de corte das fresas *carbide*, o teste gravimétrico foi utilizado como forma de avaliar a eficiência de corte, através do desgaste periódico em esmalte dental bovino, sendo que estes períodos eram intercalados pela aplicação de métodos de limpeza e/ou esterilização nos instrumentos.

O teste gravimétrico^{19,25,27,30,48,57,58} compreende uma avaliação indireta da eficiência de corte das fresas, por meio da perda de massa do substrato de desgaste (esmalte dental bovino). Assim, cada dente foi pesado em balança analítica antes e após ser submetido ao desgaste, para avaliar a capacidade de corte das fresas, de acordo com a quantidade de esmalte dentário removido. Por esse motivo, a impermeabilização das áreas não submetidas ao desgaste era de extrema importância para minimizar alterações na massa dos dentes, devido à absorção ou perda de líquido.

Cada período de desgaste de 12 minutos (T_1 a T_5) foi subdividido em seis períodos de 2 minutos, com base em testes preliminares e em metodologias anteriores⁴⁸. Isso para que fosse minimizada a influência da diferença de dureza entre dentes que poderia interferir nos resultados, pois a cada sub-período (2 minutos), o desgaste era efetuado em um dente diferente. Portanto, para a realização de 12 minutos de desgaste, foram utilizados seis dentes como substrato de corte para uma única fresa, e os desgastes foram realizados durante 2 minutos em cada dente.

Os instrumentos foram aplicados somente na face vestibular, dos incisivos bovinos, que foi dividida em duas hemi-faces no sentido longitudinal, ficando uma para cada marca comercial de fresa. Cada hemi-face era ainda subdividida em cinco regiões (Figura 5), que eram desgastadas por uma fresa de cada grupo, de acordo com o método de esterilização (E_1 , E_2 , E_3 , E_4 e E_5), durante dois minutos. Desta forma, uma fresa de cada grupo experimental (G_1 a G_{10}) realizava os desgastes, durante 12 minutos, nos mesmos seis dentes. Esta metodologia foi executada como forma de assegurar, ainda mais, que fosse minimizada a influência da dureza do esmalte^{11,27} nos resultados obtidos.

Quando todas as faces dos seis dentes selecionados haviam sido desgastadas, ou seja quando uma fresa de cada grupo experimental havia realizado os desgastes em cada uma das 10 sub-regiões, estes eram descartados, assegurando que nunca a mesma fresa desgastaria mais de uma vez um mesmo dente^{11,27}. A área mais próxima à união amelo-cementária não foi envolvida no

desgaste, devido à maior dureza e menor espessura de esmalte nessa região*.

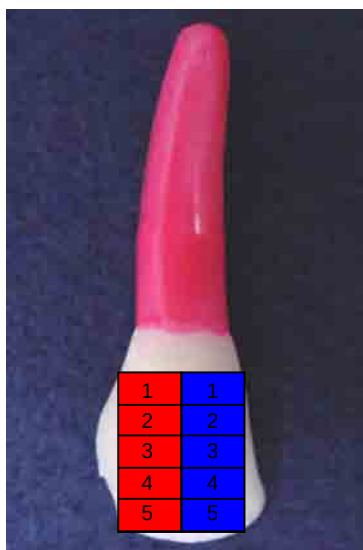


FIGURA 5 – Incisivo bovino com desenho esquemático das áreas de desgaste. As áreas com cores diferentes simbolizam regiões de desgaste para fresas de diferentes marcas comerciais.

Os dentes, que haviam ficado imersos em água, foram secos anteriormente às pesagens inicial (anterior ao desgaste) e final (depois de 2 minutos de desgaste). Essa eliminação do excesso de água foi realizada com jato de ar a 10 cm de distância, e o tempo de secagem foi padronizado em 40 segundos, por meio de testes preliminares e a consulta da literatura^{18,19,48,57,58}. Desta forma, o efeito da desidratação e absorção da água, que poderiam causar diferenças significativas na massa dos dentes, foi minimizado.

* CALDERON, P.S. Estudo in vitro da dureza dos substratos utilizados em testes de eficiência de fresas diamantadas. Iniciação Científica. Bolsa FAPESP proc. 00/13951-3.

Após a pesagem inicial, o dente era fixado à pequena morsa do aparelho de sensibilidade à pressão, com a face vestibular voltada para cima e o longo eixo paralelo ao solo (Figura 6).



FIGURA 6 – Dente bovino fixado na plataforma móvel do aparelho de sensibilidade à pressão.

Para a aplicação da fresa, esta era montada na turbina de alta rotação que, no momento da utilização, era acionada em giro livre durante cinco segundos^{24,30,54} e, então, a fresa era aplicada na superfície axial do dente, de maneira que toda a superfície de corte ficasse em contato com o esmalte dental (Figura 7), e o desgaste intermitente fosse realizado pela aplicação de força vertical de cima para baixo^{24,37,48,57,58}. Foi utilizada refrigeração, através de um jato de água (seringa tríplice) direcionado para o meio da ponta ativa da fresa^{24,25,27,37,48}.



FIGURA 7 – Posição de aplicação da fresa para a realização dos desgastes.

Depois de dois minutos de desgaste em uma das áreas de esmalte, o dente era submetido novamente à secagem e pesagem (pesagem final), executada da mesma forma que na pesagem inicial. A diferença entre o peso inicial e o peso final representava a massa de esmalte removida pela fresa e, indiretamente, a eficiência de corte do instrumento.

Completados 12 minutos de desgaste, o instrumento rotatório era submetido à limpeza^{1,6,7,13,35,50} com escova de nylon⁶, enxágüe com água destilada e secagem com jato de ar, para então, ser esterilizado, de acordo com o grupo a que pertencia. Além disso, neste momento, a turbina era lubrificada internamente⁶².

A fim de impedir a indução de resultados, foi realizado o sorteio aleatório dos corpos-de-prova, para a aplicação da metodologia.

4.2.4 Procedimentos de esterilização

Nos grupos controle (G_1 e G_6), os instrumentos rotatórios eram submetidos apenas ao processo de limpeza e secagem com jato de ar.

Os instrumentos pertencentes aos grupos submetidos à esterilização pelo vapor sob pressão (G_2 e G_7) foram colocados, individualmente, em envelopes para esterilização em autoclave e levados à mesma, mantidos a uma temperatura de 121°C (103 kPa) por 30 minutos, contados a partir do instante em que a temperatura de trabalho era atingida^{5,11,20,50}. O tempo de secagem era programado automaticamente pela autoclave, que sinalizava quando os instrumentos estavam secos e prontos para serem reutilizados.

Na técnica 1 de esterilização em microondas (G_3 e G_8),¹³ as fresas *carbide* recebiam a aplicação de duas gotas de água destilada eram individualmente envolvidas em folhas de poliéster, com o auxílio de uma pinça clínica (Figura 8) e, então, o conjunto era acondicionado em embalagens próprias para esterilização em autoclave, colocadas verticalmente sobre o suporte de Teflon PTFE, na posição látero-direita do forno de microondas^{13,14,41}, a uma altura de 3 cm do prato giratório (Figura 9)^{13,14}. No centro do prato giratório era colocado o béquer contendo 250 ml de água. Em seguida, o aparelho de microondas era acionado por 6 minutos^{13,55}. Depois da irradiação, a fresa era removida da embalagem e, com o auxílio de uma pinça clínica era submetida à secagem com jato de ar. Para esse procedimento de esterilização E_3 , foi utilizado o béquer contendo 250 ml de água^{13,43,45} porque, nesse método, utiliza-se pequena quantidade de água (duas

gotas) em contato com a fresa e um longo período de irradiação (6 minutos)¹³, além disso, os instrumentos eram envolvidos em uma embalagem transparente (folha de poliéster) e eletricamente isolante, minimizando a possibilidade de danos ao aparelho^{43,45}. O uso do material absorvente de energia, 250 ml de água potável, posicionado no centro do prato giratório do forno de microondas, no momento da irradiação proporciona uma maior uniformidade de distribuição da energia eletromagnética e da temperatura no interior do forno de microondas, atuando como um protetor do magnetron e evitando um superaquecimento, pois, quando a cavidade do forno encontra-se vazia, ou apenas com utensílios metálicos, a maior parte das ondas eletromagnéticas é refletida de volta ao magnetron, podendo causar danos ao aparelho^{13,43,45,47}.



FIGURA 8 – Envolvimento da fresa em folha de poliéster.



FIGURA 9 – Corpo-de-prova no interior do forno de microondas, para esterilização pela técnica 1.

Na técnica 2 de esterilização em forno de microondas (G_4 e G_9) as fresas eram dispostas, individualmente, em uma placa de Petri, contendo 40 ml de água destilada, e este conjunto era colocado sobre o suporte de Tecaflon PTFE, na posição látero-direita da cavidade do forno de microondas^{13,14,41}, ficando a uma altura de 3 cm do prato giratório^{13,14} (Figura 10). Em seguida, o aparelho era acionado por 1 (um) minuto¹³. Assim como na técnica 1 de esterilização por microondas, após a irradiação a fresa era removida da placa de Petri e seca com jato de ar. Nesse procedimento de esterilização por microondas (E_4), como as fresas ficavam imersas em 40 ml de água destilada, não se utilizou o béquer com água¹³ para funcionar como material absorvente de energia, pois esta quantidade de água (40 ml) era suficiente e o tempo de exposição da radiação era curto (1 minuto).



FIGURA 10 – Corpo-de-prova no interior do forno de microondas, para esterilização pela técnica 2.

As fresas *carbide* pertencentes aos grupos de esterilização pelo calor seco (G_5 e G_{10}) foram dispostas em um broqueiro de alumínio, e o conjunto levado à estufa, onde permanecia desde a temperatura ambiente até atingir a temperatura de trabalho (170°C), na qual permanecia por 1 hora, e até o resfriamento natural à temperatura ambiente^{6,48}.

Os procedimentos de desgaste foram repetidos 5 vezes para cada instrumento rotatório, totalizando 60 minutos de utilização, divididos em 5 períodos de 12 minutos cada (T_1 a T_5), e as fresas foram submetidas a 4 ciclos de esterilização.

4.2.5 Análise fotomicrográfica

Além da avaliação da eficiência de corte, foi realizada, periodicamente, uma avaliação qualitativa das fresas *carbide* por meio do uso da lupa estereoscópica^{18,48} conectada a uma câmera digital. Esta análise teve caráter

ilustrativo da ocorrência de efeitos dos fatores de variação sobre as características morfológicas superficiais das fresas.

Algumas imagens foram registradas em fotografias digitais utilizando o programa de computador, que foram arquivadas em CD (compact disk). Fotografias foram tomadas antes da utilização dos corpos-de-prova, e posteriormente a cada ciclo de esterilização, sendo que as fresas, para essa finalidade, eram fixadas ao dispositivo de apreensão da fresa confeccionado para esta finalidade. A utilização desse dispositivo possibilitava a comparação das alterações morfológicas decorrentes da utilização e/ou da esterilização em cada uma das seis lâminas de corte. Esse processo foi realizado com o intuito de avaliar a indução de possíveis efeitos dos fatores de variação sobre as características morfológicas das fresas. A partir das imagens arquivadas, foram selecionadas algumas fresas para análise em microscopia eletrônica de varredura, como caráter ilustrativo desses efeitos, e para análise da composição das fresas por espectroscopia por difusão.

Resultado

5 Resultado

Após a coleta de dados, a cada dois minutos de desgaste, os mesmos foram agrupados em quadros que constam no apêndice A (A1, A2, A3, A4 e A5).

Para a análise da eficiência de corte, foi utilizada a soma obtida das 6 mensurações feitas, após intervalos de 2 minutos de desgaste dental com cada uma das sete repetições dos corpos-de-prova (fresas *carbide*). Esses dados estão organizados nos quadros 3 a 7, de acordo com cada um dos períodos de tempo de 12 minutos avaliados (T_1 a T_5). Os valores de massa, representativos do desgaste dental promovido pelas fresas, estão representados em miligramas.

Quadro 3 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T_1 (12 minutos)

MARCA	REPET	T_1				
		Controle	Autoclave	Microondas 1	Microondas 2	Estufa
M ₁	R ₁	286,80	258,70	209,60	261,70	260,00
	R ₂	253,40	196,20	276,50	218,50	277,70
	R ₃	226,60	222,60	204,90	218,00	256,70
	R ₄	236,10	232,00	242,10	219,70	169,40
	R ₅	188,40	237,20	240,20	243,00	179,00
	R ₆	238,50	208,40	217,90	298,40	214,20
	R ₇	271,70	271,10	337,40	210,20	232,50
M ₂	R ₁	248,90	197,50	186,70	257,20	271,70
	R ₂	219,80	257,10	224,60	291,60	277,10
	R ₃	278,10	248,60	226,20	241,23	193,20
	R ₄	307,70	249,20	218,80	225,80	271,80
	R ₅	253,80	238,30	291,50	254,10	303,40
	R ₆	243,90	234,30	289,70	223,40	251,00
	R ₇	230,40	185,00	241,80	195,30	219,20

Quadro 4 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₂ (24 minutos)

MARCA	REPET	T ₂				
		Controle	Autoclave	Microondas 1	Microondas 2	Estufa
M ₁	R ₁	214,60	223,20	165,30	163,60	184,30
	R ₂	249,70	129,90	180,10	151,20	266,80
	R ₃	143,00	169,40	189,00	200,00	165,50
	R ₄	173,50	192,10	237,00	240,00	160,20
	R ₅	179,90	186,80	212,60	244,50	202,50
	R ₆	218,40	162,20	165,80	174,40	176,90
	R ₇	174,10	198,40	189,10	212,20	160,40
M ₂	R ₁	189,10	149,50	174,80	249,30	171,80
	R ₂	115,80	146,30	136,80	144,20	179,30
	R ₃	184,80	184,60	189,10	158,00	139,30
	R ₄	190,70	181,40	146,70	165,80	204,40
	R ₅	187,90	191,40	135,30	197,90	174,90
	R ₆	215,40	240,30	240,30	213,50	218,50
	R ₇	195,80	195,90	223,40	176,50	246,70

Quadro 5 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₃ (36 minutos)

MARCA	REPET	T ₃				
		Controle	Autoclave	Microondas 1	Microondas 2	Estufa
M ₁	R ₁	215,70	152,20	158,20	182,90	154,90
	R ₂	213,70	180,90	230,50	158,00	167,40
	R ₃	183,10	211,80	207,00	225,60	223,20
	R ₄	147,20	168,10	173,80	215,60	127,70
	R ₅	156,20	182,80	176,20	126,60	218,20
	R ₆	175,70	106,90	137,60	185,70	165,30
	R ₇	195,92	155,80	161,80	178,60	163,40
M ₂	R ₁	191,20	140,60	151,00	197,60	153,80
	R ₂	182,90	123,10	186,60	183,00	167,60
	R ₃	226,50	210,40	213,40	217,90	221,20
	R ₄	208,90	189,50	158,40	166,40	216,50
	R ₅	168,50	116,10	128,40	136,90	136,00
	R ₆	222,80	148,60	192,90	174,30	197,20
	R ₇	177,70	184,60	178,70	194,50	197,80

Quadro 6 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₄ (48 minutos)

MARCA	REPET	T ₄				
		Controle	Autoclave	Microondas 1	Microondas 2	Estufa
M ₁	R ₁	192,60	157,80	209,70	143,60	161,30
	R ₂	199,40	202,20	187,20	222,00	172,80
	R ₃	165,70	164,20	132,20	166,50	194,60
	R ₄	155,90	139,50	133,00	128,70	164,00
	R ₅	209,90	147,90	190,50	111,60	202,00
	R ₆	136,60	150,90	149,30	188,40	133,70
	R ₇	181,30	181,90	128,30	182,10	143,40
M ₂	R ₁	184,40	198,40	194,10	200,70	176,30
	R ₂	183,70	165,50	166,50	142,60	214,70
	R ₃	168,10	142,20	114,90	155,10	191,30
	R ₄	190,20	250,00	160,00	138,90	139,30
	R ₅	159,60	147,00	130,00	147,30	159,30
	R ₆	205,90	156,80	188,60	178,50	208,70
	R ₇	211,50	181,50	185,30	200,90	202,90

Quadro 7 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₅ (60 minutos)

MARCA	REPET	T ₅				
		Controle	Autoclave	Microondas 1	Microondas 2	Estufa
M ₁	R ₁	119,80	107,70	123,00	127,40	95,20
	R ₂	130,40	100,00	132,70	122,50	125,60
	R ₃	96,60	99,50	106,30	116,00	112,10
	R ₄	182,50	114,10	139,60	173,90	142,70
	R ₅	150,60	124,50	135,80	150,30	151,50
	R ₆	149,30	158,80	100,50	130,80	117,40
	R ₇	141,80	157,70	158,70	171,60	132,70
M ₂	R ₁	136,40	117,10	107,00	145,50	120,30
	R ₂	100,70	111,20	99,40	138,80	120,30
	R ₃	134,20	105,10	116,10	124,00	127,60
	R ₄	175,10	152,50	171,50	167,50	149,70
	R ₅	177,90	100,60	134,70	181,90	167,50
	R ₆	161,30	144,40	146,90	154,40	159,20
	R ₇	164,70	164,90	147,40	147,60	167,50

5.1 Análise de Variância

Considerou-se a existência de diferença significativa, entre médias, quando o valor de probabilidade (valor- p) fosse menor do que 0,05, o que equivale a adotar-se um nível de probabilidade de 5% de significância. As pressuposições para o teste F da análise variância viabilizaram esse tipo de análise paramétrica. Essas pressuposições foram de distribuição normal das observações, com o mesmo desvio padrão.

O resultado da comparação das médias dos fatores de variação em estudo, sobre as duas marcas comerciais de fresas *carbide* utilizadas, encontra-se na Tabela 4 de análise de variância.

Tabela 4 – Análise de Variância para a comparação das médias de desgaste considerando a marca do instrumento, o tempo de utilização e a aplicação de métodos de esterilização (nível de significância 5%)

Fonte de Variação	Soma de Quadr.	G.L.	Quadr. Médios	(F)	Prob. (H0)
Esterilização (E)	10813.5146	4	2703.3787	2.28	7.0150 %
Marca comercial (M)	1648.5314	1	1648.5314	1.39	24.1274 %
Interação E X M	3790.5540	4	947.6385	0.80	46.7756 %
Resíduo I	71115.2031	60	1185.2534		
Tempo (T)	400611.9063	4	100152.9766	111.98	0.0000 %
T X E	6539.8647	16	408.7415	0.46	3.5527 %
T X M	2830.5625	4	707.6406	0.79	46.6008 %
T X E X M	2173.7808	16	135.8613	0.15	0.0154 %
Resíduo II	214644.0781	240	894.3503		
Variação total	714168.0000	349			

Nela pode-se observar que o fator tempo de utilização (T), a interação (T x E) e a interação dos três fatores em estudo (T x E x M) foram menores do que 5%, indicando que, nesses casos, pelo menos dois grupos de médias têm diferenças estatisticamente significantes entre si.

O fator tempo de utilização (T), por ter se mostrado significativo, indica que a utilização do instrumento para cortar a estrutura dental causa alteração na sua eficiência de corte, independentemente da atuação de outro fator.

Pelo fato de as interações T x E (tempo x esterilização) e T x E x M (tempo x esterilização x marca) terem se mostrado significativas, fica evidente que a associação dos efeitos desses fatores de variação modifica a eficiência de corte das fresas *carbide*.

No primeiro caso, na interação T x E, observa-se que, com o decorrer do tempo de utilização e da quantidade e/ou método de esterilização aplicado, há uma alteração na eficiência de corte.

No caso da interação T x E x M, ocorre efeito semelhante ao anterior, contudo, com diferenças de comportamento em função da marca comercial do instrumento.

5.1.1 Fator tempo de utilização

Como fator tempo de utilização transpareceu efeito significativo, para comparação das médias, duas a duas, empregou-se o teste de Tukey, também ao nível de 5% de significância (Tabela 5). Pôde-se observar que, quando

analisado isoladamente, o tempo de utilização promove uma redução da eficiência de corte em dois momentos de T_1 (A) a T_2 (B) e de T_4 (B) a T_5 (C). Esse comportamento e a ocorrência de períodos de estabilização da eficiência de corte ao longo do tempo, em T_2 (B), T_3 (B) e T_4 (B), podem ser observados mais claramente no Gráfico 1.

Tabela 5 – Teste de Tukey para a comparação das médias de desgaste ao longo dos períodos de tempo de utilização das fresas *carbide* (médias com a mesma letra não são significantes ao nível de 5%)

TEMPO	MÉDIA	COMPARAÇÃO
T_1	240,90	A
T_2	187,30	B
T_3	177,80	B
T_4	171,02	B
T_5	136,29	C

Valor crítico de Tukey – 13,90

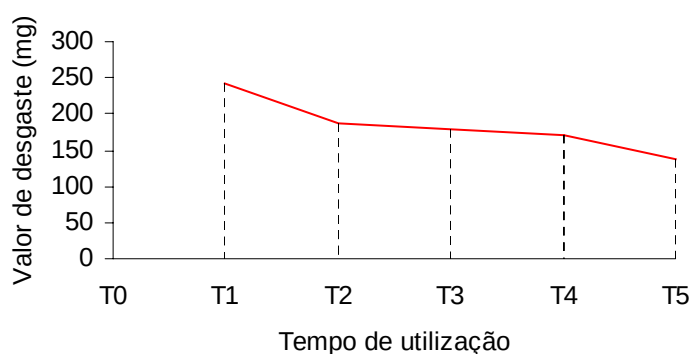


GRÁFICO 1 – Médias de desgaste, em esmalte dental bovino, em miligramas, obtidas com fresas *carbide* em função do tempo de utilização.

O Gráfico 2, a seguir, corrobora as informações da Tabela 5, onde se pode observar que a utilização das fresas *carbide*, durante 60 minutos, proporcionou uma redução de aproximadamente 50% da eficiência de corte inicial, podendo-se concluir que, ao longo do tempo, a utilização desse tipo de instrumento, para cortar a estrutura dental, ocorre uma alteração na sua eficiência de corte, independente da marca comercial empregada, em média, de 46,97% e 44,36% da eficiência de corte, respectivamente, para as fresas da marca Komet e S. S. White.

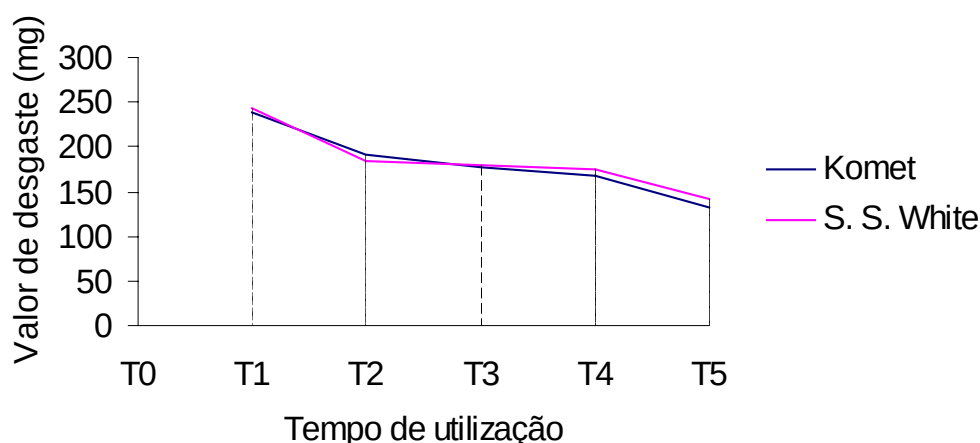


GRÁFICO 2 – Médias de desgaste, em esmalte dental bovino, em miligramas, obtidas com fresas *carbide*, em função do tempo de utilização e de acordo com a marca comercial do instrumento.

5.1.2 Interação T X E

A interação entre os fatores tempo de utilização e método de esterilização mostrou-se significativa, evidenciando o efeito de um fator sobre o outro. Através da análise Tabela 6, a seguir, podem-se localizar onde esses efeitos ocorreram.

Tabela 6– Teste de Tukey para a comparação das médias da interação entre o tempo de utilização (T) e o método de esterilização (E) (médias com a mesma letra não são significantes ao nível de 5%)

TEMPO	MÉTODO DE ESTERILIZAÇÃO				
	CONTROLE	AUTOCLAVE	MICROONDAS 1	MICROONDAS 2	ESTUFA
T ₁	248,86 A	231,16 A	243,42 A	239,87 A	241,21 A
T ₂	187,99 B	182,24 B	184,66 B	192,22 B	189,39 B
T ₃	190,43 B	162,24 BC	175,32 BC	181,68 B	179,30 B
T ₄	181,77 B	170,41 BC	162,11 BC	164,78 BC	176,02 BC
T ₅	144,38 C	125,58 C	129,97 C	146,59 C	134,95 C

Valor crítico de Tukey – 31,09

A análise da Tabela 6 permite constatar que, não apenas o método de esterilização, mas, também, a quantidade de ciclos de esterilização a que as fresas foram submetidas, interferiram em sua eficiência de corte.

Após a aplicação de dois ciclos de esterilização em autoclave (E₂T₃) e em microondas 1 (E₃T₃) ocorreu a redução da eficiência de corte, observando-se que os valores médios foram semelhantes a T₅ (C). Os instrumentos esterilizados em microondas pela técnica 2 (E₄) e estufa (E₅), sofreram redução da eficiência somente a partir de T₄, ou seja, após os instrumentos serem submetidos a 3 ciclos de esterilização (E₄T₄ e E₅T₄) (Gráfico 3).

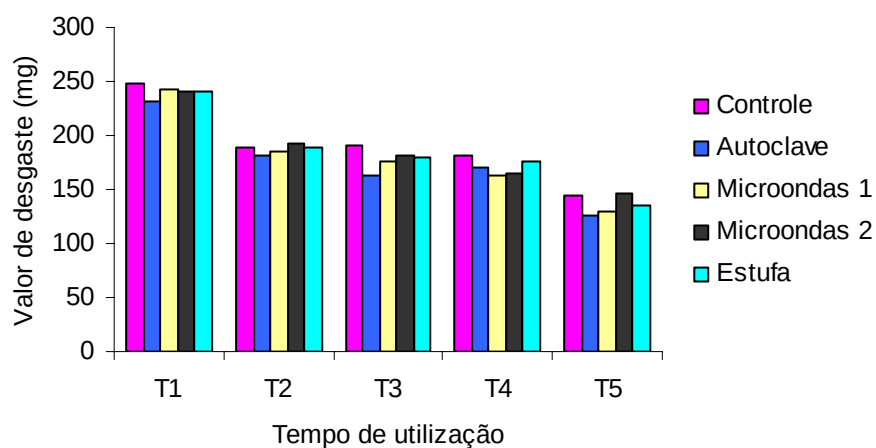


GRÁFICO 3 – Médias de desgaste, em miligramas, em esmalte dental bovino, obtidas com fresas *carbide*, em função do tempo de utilização e de acordo com o método de esterilização.

5.1.3 Interação $T \times E \times M$

A análise da interação tripla é complexa e, para facilitar sua interpretação, os dados desses fatores foram subdivididos, para análise do efeito de um sobre o outro. Dessa forma, foram realizadas análises de variância individualizadas para cada marca comercial, no intuito de possibilitar a análise do efeito da interação entre esses três fatores de variação, na eficiência de corte das fresas *carbide*.

5.1.3.1 Fresas Komet (M_1)

A análise de variância dos resultados da eficiência de corte, obtidos com os instrumentos da marca Komet, está exposta na Tabela 7.

Tabela 7 – Análise de variância. Valores originais correspondentes à eficiência de corte das fresas *carbide* da marca Komet

Fonte de Variação	Soma de Quadr.	G.L.	Quadr. Médios	(F)	Prob. (H0)
Esterilização (E)	4803.0288	4	1200.7572	1.08	38.4492 %
Resíduo I	33358.9727	30	1111.9657		
Tempo (T)	208917.7656	4	52229.4414	55.48	0.0000 %
Interação E X T	2774.3484	16	173.3968	0.18	0.0403 %
Resíduo II	112973.3828	120	941.4449		
Variação total	362827.5000	174			

Nesta Tabela fica demonstrado que houve efeito estatisticamente significativo do fator tempo (T), à semelhança do que já foi evidenciado anteriormente, e da interação entre o tempo e os métodos de esterilização (T x E).

Para a comparação entre as médias, e definição do seu comportamento foi aplicado o teste de Tukey (Tabelas 8 e 9).

Tabela 8 – Teste de Tukey para a comparação das médias dos grupos a cada tempo de utilização das fresas *carbide* da marca Komet (médias com a mesma letra não são significantes ao nível de 5%)

TEMPO	MÉDIA	COMPARAÇÃO
T ₁	237,58	A
T ₂	190,19	B
T ₃	176,69	BC
T ₄	166,59	C
T ₅	131,42	D

Valor crítico de Tukey – 20,33

Analisando a Tabela 8, pode-se observar que o fator tempo de utilização promoveu, para as fresas da marca comercial Komet, quatro grupos de médias estatisticamente diferentes entre si, para cada período de 12 minutos de aplicação dessas fresas (T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , T_5). Essas médias puderam ser classificadas em ordem decrescente, respectivamente (A, B, C, D). Dessa maneira, observou-se que houve um decréscimo gradativo nos valores da eficiência de corte. Apenas em T_3 (BC) houve a formação de um grupo intermediário que não se diferenciou de T_2 (B) nem de T_4 (C), caracterizando uma estabilização temporária na capacidade de corte, com tendência à redução. Esse comportamento pode também ser observado no Gráfico 4, a seguir.

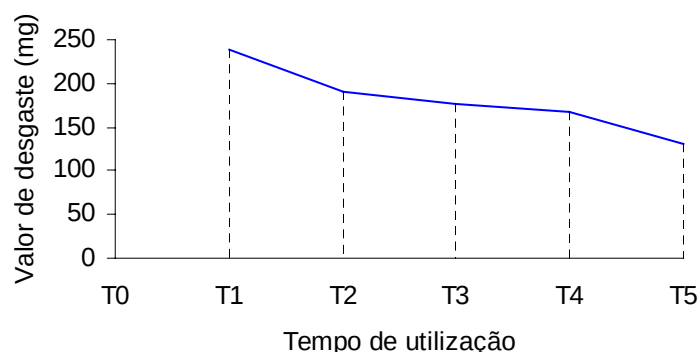


GRÁFICO 4 – Médias de desgaste, em esmalte dental bovino, em miligramas, obtidas com fresas *carbide* da marca Komet, em função do tempo de utilização.

O efeito proporcionado pela interação entre o tempo de utilização (T) e os métodos de esterilização (E) pode ser analisado através da Tabela 9 e do Gráfico 5, a seguir.

Tabela 9 – Teste de Tukey para a comparação das médias da interação entre o tempo de utilização (T) e o método de esterilização (E), para as fresas da marca Komet (médias com a mesma letra não são significantes ao nível de 5%)

TEMPO	MÉTODO DE ESTERILIZAÇÃO				
	CONTROLE	AUTOCLAVE	MICROONDAS 1	MICROONDAS 2	ESTUFA
T ₁	243,07 A	232,31 A	246,94 A	238,50 A	227,07 A
T ₂	193,31 A	180,29 B	191,27 A	197,99 A	188,09 A
T ₃	183,93 B	165,50 B	177,87 B	181,86 B	174,30 B
T ₄	177,34 B	163,49 B	161,46 B	163,27 B	167,40 B
T ₅	138,71 B	123,19 B	128,09 B	141,79 B	125,31 B

Valor crítico de Tukey – 61,46

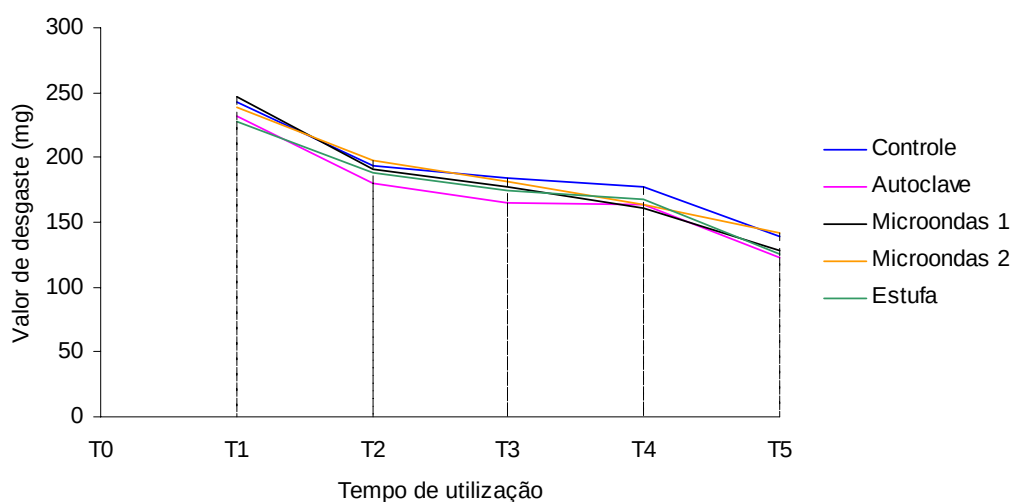


GRÁFICO 5 – Médias de desgaste, em esmalte dental bovino, em miligramas, obtidas com fresas *carbide* da marca Komet, em função do método de esterilização, ao longo do tempo de utilização.

Pode-se notar que a esterilização em autoclave causou redução precoce da eficiência de corte, já em T₂ (B), apesar das fresas terem sido submetidas a apenas um ciclo de esterilização. Os demais métodos de esterilização

apresentaram variação de média (B) somente a partir de T₃ (B), de forma semelhante ao grupo controle. Esse comportamento demonstra que, à exceção da autoclave, os demais métodos de esterilização estudados não afetaram a eficiência de corte dos instrumentos, sendo somente o tempo de utilização o fator responsável pela redução da eficiência de corte das fresas dos grupos controle (E₁), microondas 1 (E₃), microondas 2 (E₄) e estufa (E₅).

5.1.3.2 Fresas S. S. White (M₂)

Da mesma forma, para as fresas da marca S. S. White foi constatada diferença estatisticamente significativa para o fator tempo de utilização (T) e a sua interação com o método de esterilização (T x E), através da análise de variância (Tabela 10).

Tabela 10 – Análise de variância. Valores originais correspondentes à eficiência de corte das fresas *carbide* da marca S.S. White

Fonte de Variação	Soma de Quadr.	G.L.	Quadr. Médios	(F)	Prob. (H0)
Esterilização (E)	9812.6719	4	2453.1680	1.95	12.6791 %
Resíduo I	37701.4297	30	1256.7144		
Tempo (T)	194515.2969	4	48628.8242	57.42	0.0000 %
Interação E X T	5927.1025	16	370.4439	0.44	3.0671 %
Resíduo II	101625.0000	120	846.8750		
Variação total	349581.5000	174			

Para se comparar as médias e determinar o comportamento da eficiência de corte desses instrumentos após a ação do tempo de utilização em conjunto com os ciclos de esterilização, aplicou-se o teste de Tukey (Tabela 11).

Tabela 11 – Teste de Tukey para a comparação das médias dos grupos a cada tempo de utilização das fresas *carbide* da marca S. S. White (médias com a mesma letra não são significantes ao nível de 5%)

TEMPO	MÉDIA	COMPARAÇÃO
T ₁	244,23	A
T ₂	184,44	B
T ₃	178,90	B
T ₄	175,45	B
T ₅	141,17	C

Valor crítico de Tukey – 19,28

Ao contrário do que ocorreu às fresas da marca Komet, a redução da eficiência de corte das fresas S. S. White ao longo do tempo não apresentou padrão gradativo. A redução da eficiência de corte ocorreu de maneira mais acentuada em dois momentos de T₁ (A) a T₂ (B) e de T₄ (B) a T₅ (C), que foram intercalados pelos períodos T₂ (B), T₃ (B) e T₄ (B), de estabilização nos valores de eficiência de corte (Gráfico 6).

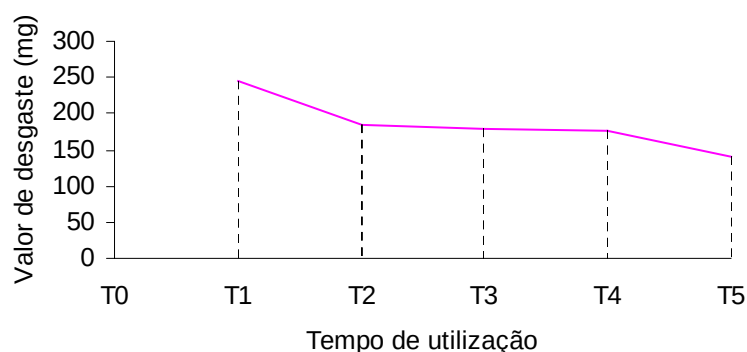


GRÁFICO 6 – Médias de desgaste, em esmalte dental bovino, em miligramas, obtidas com fresas *carbide* da marca S. S. White, em função do tempo de utilização.

Para a análise da interação entre o tempo de utilização e o método de esterilização, para a comparação entre as médias, foi utilizado o teste de Tukey (Tabela 12).

Tabela 12 – Teste de Tukey para a comparação das médias da interação entre o tempo de utilização (T) e o método de esterilização (E), para as fresas da marca S. S. White (médias com a mesma letra não são significantes ao nível de 5%)

TEMPO	MÉTODO DE ESTERILIZAÇÃO				
	CONTROLE	AUTOCLAVE	MICROONDAS 1	MICROONDAS 2	ESTUFA
T ₁	254,66 A	230,00 A	239,90 A	241,23 A	255,34 A
T ₂	182,79 BC	184,20 BC	178,06 BC	186,46 BC	190,70 B
T ₃	196,93 B	158,99 BC	172,77 BC	181,51 BC	184,30 BC
T ₄	186,20 BC	177,34 BC	162,77 BC	166,29 BC	184,66 BC
T ₅	150,04 BC	127,97 C	131,86 C	151,39 BC	144,59 BC

Valor crítico de Tukey – 58,30

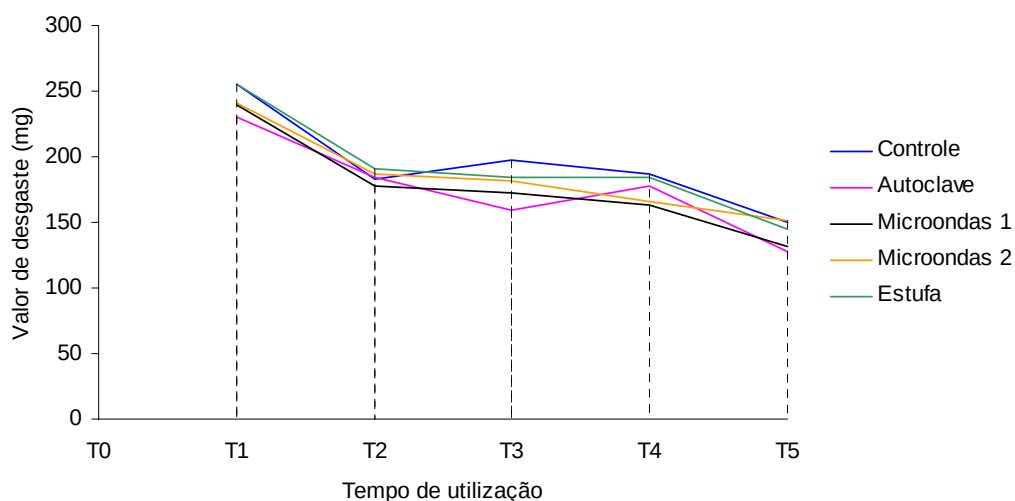


GRÁFICO 7 – Médias de desgaste, em esmalte dental bovino, em miligramas, obtidas com fresas *carbide* da marca S. S. White, em função do método de esterilização, ao longo do tempo de utilização.

Com a análise na Tabela 12 e no Gráfico 7, fica demonstrado que as fresas *carbide* da marca S. S. White sofrem influência do método de esterilização a que são submetidas e também da quantidade de ciclos de esterilização aplicados. Em T₂ as fresas não esterilizadas (grupo controle) e submetidas à esterilização em autoclave (E₂) e em microondas 1 (E₃) e 2 (E₄) apresentaram tendência de redução da eficiência, em níveis maiores (BC) do que aquelas esterilizadas em estufa (B), pois, apesar de as médias não se diferenciarem desse grupo, foram semelhantes, ao mesmo tempo, às médias de menor valor de desgaste (C). A partir de T₃, as fresas não esterilizadas (grupo controle) apresentaram, recuperação da eficiência de corte (B), ao contrário do que ocorreu nas fresas dos demais

grupos, que apresentaram eficiência de corte inferior, inclusive aquelas submetidas à esterilização em estufa (BC). O grupo submetido à esterilização em estufa (E_5) apresentou tendência de redução precoce de eficiência de corte somente em T_3 , ou seja, após ser submetido a dois ciclos de esterilização (BC).

A influência da quantidade de ciclos de esterilização a que os instrumentos foram submetidos, na redução da eficiência de corte, é atestada pelas tendências de redução da eficiência de corte, precocemente, em comparação com o grupo controle, pois, em todos os outros grupos, as médias foram semelhantes aos menores valores de eficiência de corte (C) em T_3 , fato que não ocorreu no grupo controle, que somente apresentou valor de eficiência de corte semelhante a partir do T_4 (48 minutos de desgaste).

Ao final do teste, ou seja, em T_5 , após as fresas terem sido submetidas a 60 minutos de desgaste e quatro ciclos de esterilização (exceto no grupo controle), houve maior nível de redução da eficiência de corte nas fresas dos grupos 2 e 7 e 3 e 8, respectivamente autoclave (C) e microondas 1 (C), pois as médias apresentaram valores de desgaste acentuadamente diferentes dos períodos iniciais (B), como no grupo controle em T_3 (B) e no grupo estufa em T_2 (B), demonstrando que a quantidade de ciclos determina a sua interferência com o grau de perda de eficiência de corte nesses grupos.

Portanto, as fresas da marca S. S. White apresentaram maior tendência de redução da eficiência de corte do que as fresas Komet, ao serem esterilizadas por qualquer uma das técnicas de esterilização estudadas. Além disso, a esterilização em autoclave (E_2) e em microondas 1

(E₃) induziram maior influência de redução sobre a eficiência de corte dos instrumentos, se comparadas aos outros métodos.

Discussão

6 *Discussão*

Desde 1947, é assumido que os fatores mais importantes para o desenvolvimento e uso dos instrumentos rotatórios são: a eficiência de corte e sua durabilidade⁵¹. Esse conceito vigora até os dias de hoje, pois esses instrumentos ainda são amplamente empregados em vários procedimentos odontológicos.

Neste estudo constatou-se, através da análise dos Gráficos e Tabelas dos resultados obtidos, que a eficiência de corte sofre uma redução em função do tempo de utilização das fresas *carbide*, independente da marca comercial. Este resultado está de acordo com outros trabalhos encontrados na literatura^{10,17,27,31,39,51,54}, porém, contrasta com os resultados de Fontana et al.¹⁹, em 1985, que não verificou qualquer modificação da eficiência de corte de fresas *carbide* e pontas diamantadas, devido ao tempo de utilização. A provável causa dessa diferença se deve ao fato de que o período de desgaste avaliado, no trabalho desses autores, foi pequeno (32 minutos) para evidenciar a influência do tempo sobre a capacidade de corte desses instrumentos, além de ter sido utilizada uma amostra reduzida (3 repetições), enquanto que, no presente estudo, utilizou-se um período de 60 minutos de avaliação e uma amostra com 7 repetições para cada condição experimental.

A utilização das fresas *carbide* durante 60 minutos, neste estudo, proporcionou uma redução de aproximadamente 50% da eficiência de corte inicial, evidenciando a necessidade de descarte desses instrumentos após esse período. Esse

resultado é semelhante aos de Matson e Kikuchi³¹, em 1981, e Consani, *et al.*¹⁰, em 1969. Segundo de Matson e Kikuchi³¹, o tempo de contato de uma fresa nova com a estrutura dental, necessário para a execução de um preparo cavitário Classe I, de amálgama, é de 1 minuto e 30 segundos. No entanto, com a sucessão de preparos, devido ao fato de ocorrer diminuição da eficiência de corte, mais tempo seria necessário para a realização deste mesmo procedimento, já a partir do segundo preparo, e assim por diante. No presente estudo, apesar de os desgastes serem realizados em esmalte dental bovino, ao invés de esmalte dental humano, o que poderia restringir tais correlações, fica evidente que, após a execução de aproximadamente 40 preparos Classe I, de amálgama, o instrumento certamente deverá ser descartado, devido à acentuada perda de eficiência de corte. Não se pode esquecer que a fresa ineficiente é traumática ao dente, pois é necessário maior tempo de contato com a estrutura dental, além de maior pressão⁶². É importante que tais observações sejam avaliadas com cautela, pois, clinicamente, muitos fatores interferem na longevidade de utilização do instrumento, como a força aplicada, a dureza do substrato, o tipo de turbina, a rotação da fresa, a refrigeração e o tipo de desgaste, que são fatores controlados nos trabalhos laboratoriais; sendo assim, provavelmente, a durabilidade clínica dos instrumentos seja inferior à encontrada em experimentos laboratoriais. Outro fator importante a ser considerado, e que pode ser observado através de trabalhos na literatura, é que o tempo de vida útil das fresas depende, diretamente, da composição metalográfica do material utilizado na fabricação das fresas *carbide*, do tamanho das partículas e das quantidades de carbono e cobalto

presentes⁴², que influenciam na dureza resultante do metal e, conseqüentemente, na durabilidade e eficiência de corte. Portanto, se os processos de fabricação não forem exatamente iguais, entre instrumentos de diferentes marcas comerciais, possivelmente, haverá comportamentos distintos quanto à eficiência de corte entre esses instrumentos^{10,43,51}.

Os principais motivos responsáveis pela perda de eficiência de corte com a utilização do instrumento, são: a fratura das lâminas de corte, devido à elevada dureza do metal^{17,27,31,39,54}, e o arredondamento das mesmas (perda do fio de corte)^{31,40}. Provavelmente, estes fatores atuam simultaneamente na redução da eficiência de corte das fresas *carbide*, apesar de poder haver predominância de um fator sobre o outro, dependendo do instrumento.

Apesar da redução da eficiência de corte, em função do tempo de utilização, ter ocorrido nas fresas das duas marcas comerciais, o mecanismo deste decréscimo foi diferente entre as marcas. Sobre as fresas da marca Komet, o fator tempo de utilização promoveu um decréscimo gradativo de eficiência de corte, pois, este, ocorreu a cada período de utilização, enquanto que, para as fresas S. S. White, esta redução ocorreu de maneira acentuada em dois momentos, que foram intercalados por períodos de temporária estabilização da eficiência de corte. Wilwerding e Aiello⁶², ao compararem a eficiência de corte de fresas *carbide* desgastando cerâmica, evidenciaram que a vida útil dos instrumentos foi semelhante, apesar da superioridade das fresas Komet. Esses achados se assemelham, em parte, aos encontrados no presente estudo, pois, a durabilidade (vida útil) das fresas, das duas marcas comerciais, foi a mesma, apesar de não haver diferença de resultados, entre as fresas

das duas marcas comerciais, em relação à capacidade de corte.

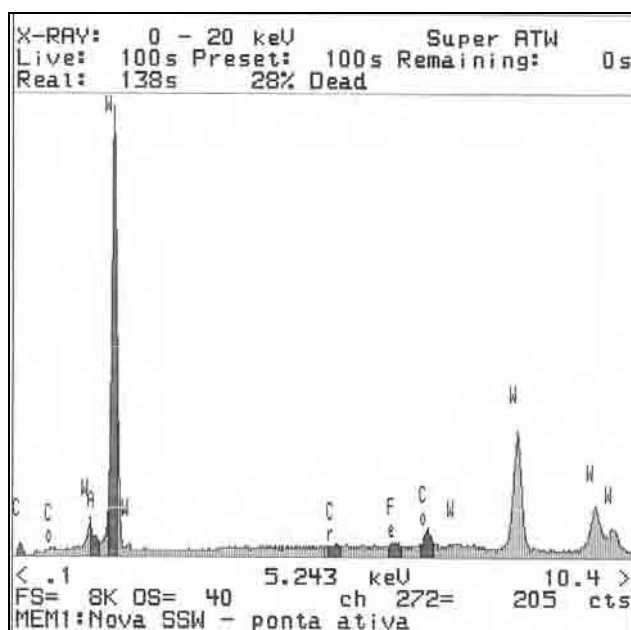
A causa da diferença de desempenho ao longo do tempo de utilização, entre as fresas das duas marcas comerciais estudadas, provavelmente está relacionada à composição metálica da ponta ativa desses instrumentos, à técnica de confecção e ao controle de qualidade da produção, pois esses são fatores que podem influenciar diretamente na capacidade de corte das fresas *carbide*, por determinarem a dureza e a resistência ao desgaste desses instrumentos^{10,42,51}.

Para a análise da composição das fresas, foi realizada a espectroscopia por dispersão de energia, que indica a composição dos materiais, de maneira aproximada (de acordo com o limite de detecção do aparelho) e estatisticamente representativa. Através desta análise, pôde-se notar que existe uma pequena diferença de composição entre os instrumentos das duas marcas comerciais, em todos os segmentos que as compõem (ponta ativa, interface haste/ponta ativa e haste).

A extremidade ativa das fresas das duas marcas comerciais é composta por um “cermet”, que é um produto sofisticado de metalurgia composto pela associação de finas partículas de carboneto de tungstênio, freqüentemente associadas ao titânio ou outros metais, com matriz metálica da família do ferro, geralmente o cobalto, devido à sua habilidade de molhamento ou aderência às partículas de carboneto⁴².

Na análise da composição, foram detectadas diferenças qualitativas e quantitativas entre as fresas Komet e S.S. White. A ponta ativa das fresas *carbide* da marca S.S. White possui como composição básica: tungstênio (86,05%),

cobalto (8,63%), carbono (2,69%), ferro (2,11%), cromo (0,98 %) e alumínio (0,46%) (Figura 11), enquanto a extremidade das fresas da marca Komet é composta, basicamente, por: tungstênio (88,65%), cobalto (9,59%) e carbono (1,76%) (Figura 12). Essa diferença na composição das pontas ativas dos instrumentos, das duas marcas comerciais utilizadas neste estudo, pode ter determinado a disparidade de comportamento dos mesmos ao longo do tempo de utilização, pois, segundo Reisbick e Bunshah⁴², pequenas variações de composição são responsáveis por grandes diferenças de desempenho dos instrumentos.



Carbono (C) - 2,69%
Alumínio (Al) - 0,46%
Tungstênio (W) - 86,05%
Cromo (Cr) - 0,98%
Ferro (Fe) - 2,11%
Cobalto (Co) - 8,63%

FIGURA 11 – Análise da composição, por espectroscopia, da ponta ativa de uma fresa S. S. White.

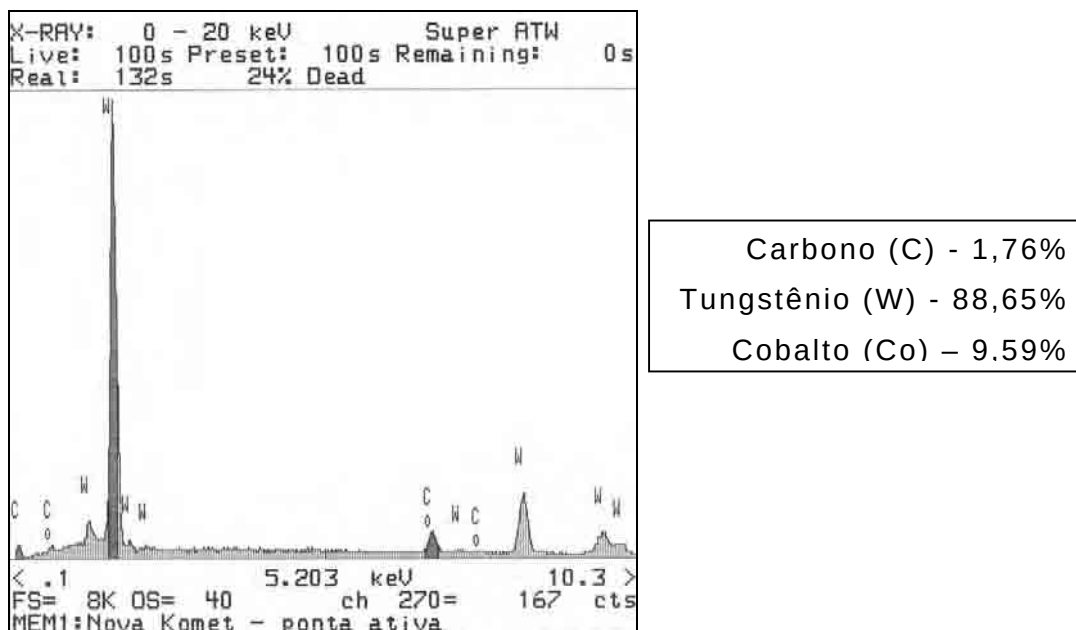


FIGURA 12 – Análise da composição, por espectroscopia, da ponta ativa de uma fresa Komet.

A composição é um dos principais fatores que determinam a durabilidade do instrumento e seu comportamento ao longo do tempo. Apesar de o carboneto de tungstênio ser um material quebradiço (friável) mesmo quando unido a uma matriz (“cermet”)^{42,51,60}, a constituição metálica total da fresa determina sua resistência à fratura. Os principais fatores da composição que influenciam na dureza e, conseqüentemente, na resistência à fratura das lâminas de corte, são: o teor de carbono, tungstênio e cobalto^{16,42}.

Portanto, a análise da composição da ponta ativa, realizada neste estudo, demonstrou maior susceptibilidade à fratura das fresas S. S. White, pois esses instrumentos possuem maior quantidade de carbono, além de maior proporção de tungstênio em relação ao cobalto, o que determina maior dureza do metal e, conseqüentemente, menor

resistência à fratura^{16,42}. Confirmando esses achados, fraturas puderam ser visualizadas na ponta ativa de algumas fresas (dez fresas) da marca S. S. White, após sua utilização (Figura 13). Do mesmo modo, a composição das fresas Komet, em comparação à das fresas da marca S. S. White, possibilita sua maior resistência à fratura, requisito imprescindível para a durabilidade desses instrumentos, pois, quando as fresas são submetidas a constantes contatos (colisões), que ocorrem durante os desgastes de estrutura dental utilizando alta rotação, o impacto com o substrato de desgaste pode promover o desenvolvimento de microfraturas nas lâminas de corte³⁹. Estas fraturas, sendo responsáveis pela destruição das arestas cortantes, são um dos motivos da perda da eficiência de corte³⁹.

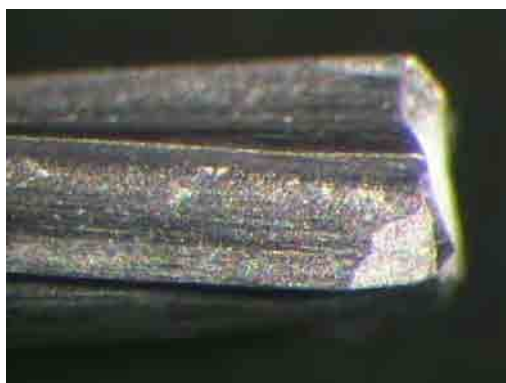


FIGURA 13 – Fotomicrografia em lupa estereoscópica (100X) de uma fresa S. S. White fraturada devido à utilização.

Como outros fatores também atuam, juntamente com a composição da ponta ativa da fresa, na determinação de sua dureza e, conseqüentemente, na sua friabilidade e resistência à fratura, a técnica de confecção dos instrumentos também deve ser considerada^{42,60}. Isso porque alguns

fabricantes realizam o tratamento de sinterização do metal (aquecimento ligeiramente abaixo do ponto de fusão do carboneto), após o vazamento sob pressão do “cermet” em um molde com a forma desejada⁶⁰. Este processo de aquecimento promove a aglomeração dos cristais individualizados, favorecendo a resistência do material, e, somente depois desse tratamento, as lâminas de corte são confeccionadas⁶⁰. É provável que as fresas da marca Komet tenham recebido esse tipo de tratamento enquanto as fresas S.S.White, não, o que seria mais um aspecto responsável pela diferença de resistência entre esses instrumentos.

Além disso, o controle de qualidade da fresa também pode ter causado diferença de resistência à fratura entre fresas das duas marcas comerciais^{10,51}, principalmente devido à presença de impurezas no metal⁴² e de imperfeições ou trincas nas lâminas de corte das fresas, mesmo quando novas¹⁹, fato que pode ser atribuído a um defeito na usinagem¹⁷ e controle de qualidade ruim^{10,51}. Foram observados defeitos e trincas nas lâminas de corte de fresas novas (sem uso), principalmente nas fresas da marca S.S.White (Figura 14), o que pode ser um indicativo de outra possível causa das fraturas nas lâminas das fresas S.S. White.

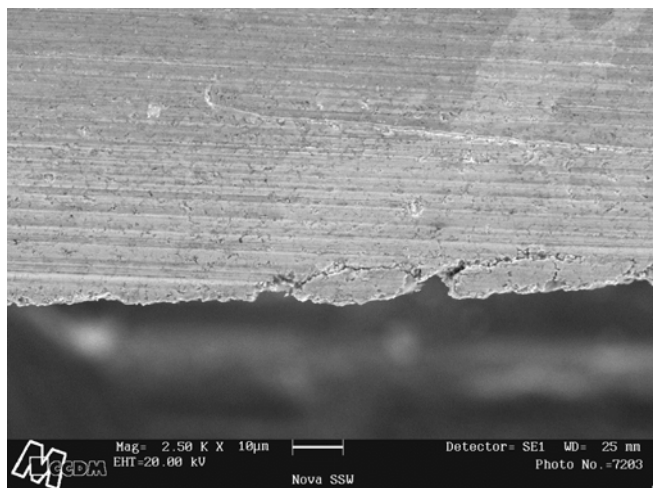


FIGURA 14 – Fotomicrografia em microscópio eletrônico de varredura (2.500X), evidenciando fratura em lâmina de corte de uma fresa *carbide* nova da marca S. S. White.

O padrão de perda de eficiência de corte das fresas S. S. White reforça a idéia de que a principal causa da perda de eficiência desses instrumentos é a presença de microfraturas nas lâminas de corte e, também, porque após a primeira queda brusca da eficiência de corte, esta se manteve estável, sofrendo decréscimo brando até completar 48 minutos de uso (de T_2 a T_4). A estabilidade de eficiência, provavelmente, ocorreu devido ao aumento da área de corte pelo fato de as pequenas fraturas das lâminas desenvolvidas em T_1 , possuindo bordas cortantes, atuarem na manutenção da eficiência. Se este fenômeno fosse verificado em menores intervalos de tempo, ocorreriam ciclos de perda de eficiência intercalados com o seu ganho, porém, com valor sempre inferior à eficiência anterior⁴², que, sobrepostos representam a manutenção da eficiência. Porém, quando os danos se tornam muito severos (muitas fraturas), há nova queda de eficiência

de corte, como a que aconteceu a esses instrumentos de T_4 a T_5 .

A redução da eficiência de corte das fresas *carbide* da marca Komet, que apresentou padrão mais suave e gradativo de perda de eficiência, provavelmente teve como principal causa o arredondamento das lâminas de corte, uma vez que sua ponta ativa possuía uma composição que as tornava mais resistentes à fratura. Isso pode ser observado nos Gráficos e Tabelas, que demonstraram não ter havido um período de manutenção da eficiência de corte, mas somente queda gradativa e constante desde o início dos desgastes, apesar de mais acentuada em dois momentos (T_2 e T_5), o que pode ter ocorrido pela associação de efeitos, ou seja microfratura das lâminas e o seu arredondamento. Esses resultados corroboram os encontrados por Pines e Schulman⁴⁰, em 1979, que, ao avaliarem fresas utilizadas até que o operador constataste a perda do corte, em microscópio eletrônico de varredura, observaram que estas fresas possuíam todas as lâminas arredondadas. No presente estudo, também se pôde observar o desgaste por arredondamento das lâminas de corte das fresas *carbide*, principalmente no instrumentos da marca Komet (Figuras 15 e 16).

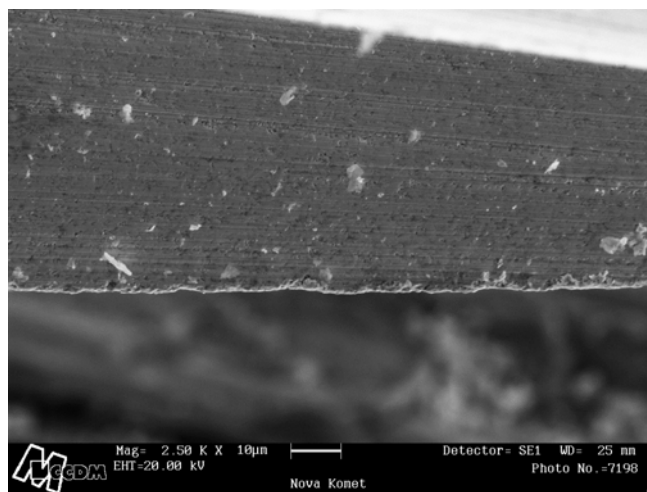


FIGURA 15 – Fotomicrografia em microscópio eletrônico de varredura (2.500X). Lâmina de corte de uma fresa *carbide* nova da marca Komet.

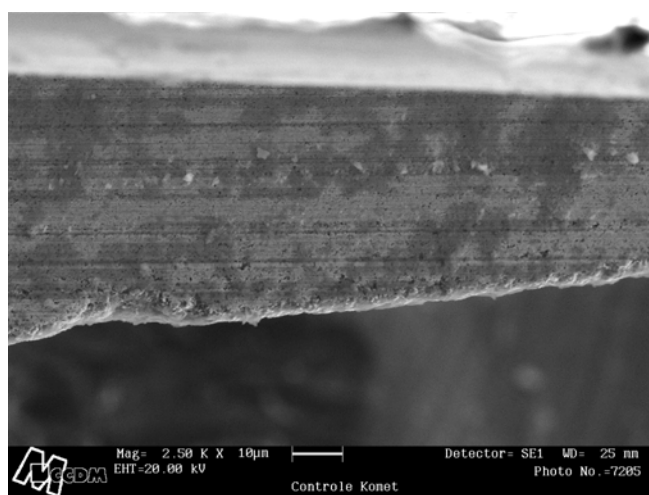


FIGURA 16 – Fotomicrografia, em microscópio eletrônico de varredura (2.500X), evidenciando arredondamento da lâmina de corte de uma fresa *carbide* da marca Komet, após 60 minutos de uso.

Além do arredondamento das lâminas, pôde-se verificar, através das imagens colhidas na lupa estereoscópica e no microscópio eletrônico de varredura, a ocorrência de amassamento nas lâminas de corte em consequência da utilização, o que também pode ter influenciado a eficiência de corte (Figuras 17 e 18). Esse tipo de deformação das lâminas pode contribuir para a redução da eficiência de corte com o tempo de utilização, pois, o paralelismo das lâminas, sua angulação e profundidade^{25,51} são fatores estabelecidos e controlados pelos fabricantes, para otimizar a eficiência dos instrumentos e, uma vez modificados estes parâmetros, a durabilidade do corte pode ser prejudicada.

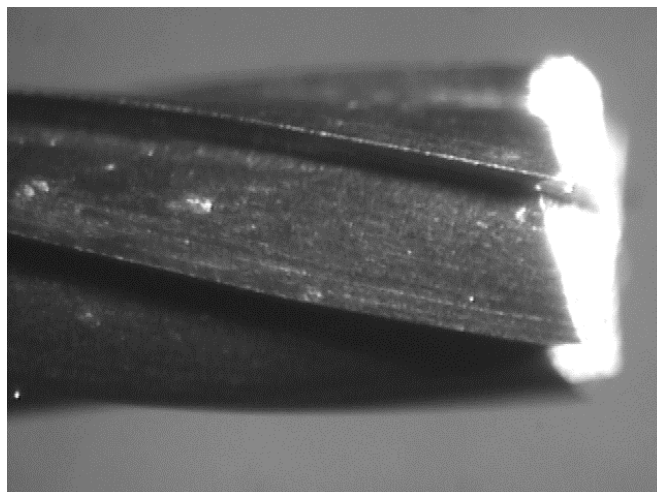


FIGURA 17 – Fotomicrografia, em lupa estereoscópica (100X), da extremidade de uma fresa *carbide* da marca Komet, antes do uso (nova).

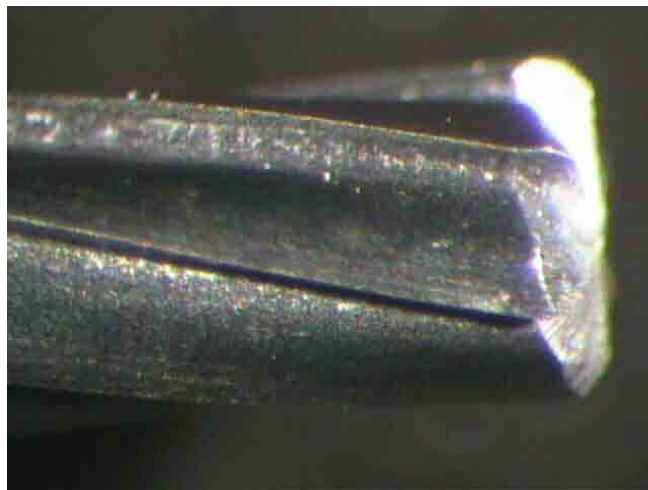


FIGURA 18 – Fotomicrografia, em lupa estereoscópica (100X), da extremidade de fresa *carbide* da marca Komet depois de ter sido utilizada durante 60 minutos.

Portanto, considerando o mecanismo de perda de eficiência de corte, a composição e as imagens colhidas em lupa estereoscópica e microscópio eletrônico de varredura, pode-se presumir que o padrão de eficiência de corte das fresas da marca S. S. White é atribuído, principalmente, à sua passividade à fratura, enquanto que as fresas Komet, por possuírem maior resistência à fratura, perdem eficiência de corte, provavelmente, devido ao arredondamento de suas lâminas. Porém, com o tempo de utilização, todas as fresas *carbide* têm a eficiência de corte reduzida, de maneira que, ao final de 60 minutos, a eficiência de corte é a mesma para ambos os instrumentos.

6.2 Influência do método de esterilização

Através da revisão da literatura, fica evidente a importância da esterilização das fresas nos consultórios odontológicos^{2,6,7,11,13,14,29,32,33,34,38,39,43,45,48,50,55,56}, em contraste com o descuido dos profissionais que não realizam tais procedimentos adequadamente^{2,28,30,49}.

O método mais empregado para esterilização de fresas nos consultórios odontológicos é a imersão em solução de glutaraldeído a 2% (38% dos profissionais)²⁸, por um curto período, geralmente de 30 minutos, o que promove somente a desinfecção e não a esterilização². Esse método de esterilização tem eficácia altamente discutível^{2,28,32,45,55,56}, além da possibilidade de transporte de resíduos químicos tóxicos e potencialmente cancerígenos para a cavidade oral através dos instrumentos^{2,56}. Somando-se a essas potenciais limitações no controle de infecção cruzada, a imersão de fresas *carbide* em soluções desinfetantes deve ser evitada, por favorecer o desenvolvimento de corrosão nos instrumentos¹⁶.

O Ministério da Saúde⁶ e a American Dental Association¹ recomendam que todo instrumental passível de esterilização esteja estéril no momento de seu uso. As fresas devem ser esterilizadas, ou então descartadas após o uso, porém, jamais, somente desinfetadas. Considerando esta determinação e ainda acatando os aspectos negativos da imersão em substâncias desinfetantes, fica evidente que a esterilização de fresas *carbide* deve, preferencialmente ser realizada por meios físicos⁵⁶. Rohrer e Bulard⁴⁵ atestam que todos os métodos de esterilização aceitos e recomendados pela American Dental Association¹ apresentam um obstáculo

em relação às fresas *carbide* e às turbinas (peças de mão). Por esse motivo, e considerando que a imersão em soluções desinfetantes deva ser evitada, com base na discussão acima, fica clara a necessidade da realização de estudos que definam o efeito dos métodos de esterilização sobre a eficiência de corte de fresas *carbide*.

O efeito dos métodos físicos de esterilização, empregados nesse estudo, em função do tempo, sobre a eficiência de corte das fresas *carbide*, foi diferente entre as marcas comerciais estudadas, provavelmente, devido às diferenças de composição. As fresas *carbide* da marca Komet mostraram ser mais sensíveis à perda de eficiência, quando esterilizadas em autoclave, pois, apenas um ciclo de esterilização foi suficiente para promover uma redução de eficiência de corte, diferentemente dos demais grupos (controle, microondas 1, microondas 2 e estufa).

As fresas da marca S. S. White apresentaram tendência de redução da eficiência de corte, sensível a todas as técnicas de esterilização estudadas, sendo que, a esterilização em autoclave e em microondas 1 causou influência maior sobre o decréscimo de eficiência de corte desses instrumentos.

O efeito da esterilização em autoclave sobre a redução da eficiência de corte das fresas *carbide* corrobora os de Cooley, et al.¹¹ e Johnson, et al.²⁰, onde foi verificado efeito semelhante. Segundo Johnson, et al.²⁰ a esterilização de fresas *carbide* em autoclave promove, em média, 64% de redução na eficiência de corte dos instrumentos. No presente trabalho, este processo promoveu menores danos, pois, foi constatada uma redução, em média, de 46,97% e 44,36% da eficiência de corte, respectivamente, para as fresas da marca

Komet e S. S. White, provavelmente em decorrência da composição e detalhes da fabricação das fresas^{10,42,51}.

A causa desse efeito da autoclave sobre a eficiência de corte das fresas *carbide* pode ser atribuída ao processo de corrosão de superfície desencadeado^{4,11,20,28,39}, que é responsável pela degradação da superfície das fresas²⁹. Isso porque as arestas de corte possuem maior atividade química e corrosão diferencial intensa^{39,50}. A corrosão é um fenômeno caracterizado pela deterioração dos metais, por ação química ou eletrolítica do meio, que intensifica alterações nos materiais, aumentando o desgaste e a variação da composição, reduzindo, assim, a resistência mecânica e o tempo de vida dos componentes³⁹.

A esterilização por vapor sob pressão (autoclave) é de grande eficiência e possui excelente poder de penetração, sendo altamente confiável para eliminar todas as formas de microrganismos, sendo, evidentemente, superior ao calor seco e à esterilização química, onde erros de utilização são significantes, comparando-se com os ciclos de autoclavagem⁵⁰ e, por esse motivo, é indicada pelo Ministério da Saúde⁶. O efeito letal da autoclave decorre da ação conjugada da temperatura e da umidade, que possibilita a penetração nos materiais porosos e a coagulação das proteínas do microrganismo, ou seja, a desnaturação protéica¹⁶. Este procedimento físico de esterilização tem ainda a vantagem de permitir, assim como a esterilização em estufa, o controle da esterilização por meio da utilização de indicadores biológicos (testes com esporos) ou indicadores químicos (tintas termo-sensíveis), os quais, através da sua alteração de cor, indicam que ocorreu a esterilização^{7,33,50,56}, procedimento este que

não pode ser realizado com a esterilização em fornos de microondas domésticos^{32,56}.

Infelizmente, o processo de esterilização em autoclave promove corrosão em instrumentos de aço comum, como fresas, instrumentos de corte e instrumentos ortodônticos^{28,34}, e, até mesmo, em instrumentos de aço inoxidável, fresas *carbide*^{11,16,20} e Gates-Glidden²⁶. Desta forma, apesar de sua eficiência microbiológica e eficiência no controle da esterilização, este processo não deve ser indicado para as fresas *carbide*, por reduzir sua eficiência e, conseqüentemente, sua durabilidade, ou, ainda, deveria ser utilizado associado a um método para o controle da corrosão.

A utilização de substâncias anticorrosivas ou inibidoras de corrosão e ferrugem (nitrito de sódio), previamente à esterilização, minimizam ou até evitam o desenvolvimento de corrosão na superfície das fresas *carbide* submetidas à esterilização em autoclave e, conseqüentemente, auxiliam na manutenção da eficiência de corte^{11,16,20,34}. Porém, segundo o trabalho de Johnson et al.²⁰ a utilização de substâncias anticorrosivas apenas minimiza a ocorrência da corrosão e não a evita. Além disso, a utilização dessas substâncias leva ao aumento de mais uma etapa clínica para a esterilização e um custo adicional, fato que pode ser a causa de desestímulo aos dentistas em executá-la.

A diferença de efeitos da esterilização em autoclave sobre a perda de eficiência de corte entre as fresas da marca S. S. White em comparação com as fresas Komet pode ser atribuída à composição diferente da ponta ativa desses dois instrumentos. Isso porque, quanto maior a quantidade de carbono na liga, menor a resistência à corrosão e manutenção do corte¹⁶, o que corresponde aos resultados

encontrados neste estudo, pois, o teor de carbono na ponta ativa das fresas S. S. White (2,69%) é superior ao das fresas Komet (1,76%).

A esterilização em estufa não causou efeito negativo sobre a eficiência de corte das fresas *carbide*, apesar de ter apresentado uma tendência de redução precoce da eficiência, em relação ao grupo controle, nos instrumentos da marca S. S. White. A ausência de influência da esterilização em estufa sobre a eficiência de corte pode ser atribuída ao fato de este método, por ser a seco, preservar a integridade do instrumental²⁸ pelo não desenvolvimento de corrosão³³; ou, ainda, devido ao fato de essas fresas receberem um tratamento em altas temperaturas para aumentar sua resistência a altas temperaturas¹¹. Apesar disso, e justificando a tendência apresentada pelas fresas S. S. White em relação à esterilização em estufa, pode-se verificar que Ferreira et al.¹⁶ atestaram que a esterilização em estufa pode promover o surgimento de corrosão, apesar desses efeitos serem bastante minimizados devido ao fato deste processo se dar a seco, e Medeiros et al.³² afirmaram que o efeito repetido do calor seco sobre os instrumentos cortantes pode provocar a redução de sua eficácia.

A estufa também é um dos métodos recomendados pela ADA¹ e pelo Ministério da Saúde⁶, para a esterilização do instrumental odontológico, além de ser o segundo método mais utilizado para a esterilização de fresas nos consultórios odontológicos, ficando atrás apenas das soluções desinfetantes²⁸. O mecanismo de morte microbiana, nesse processo, ocorre através da desidratação das bactérias expostas ao ar quente, antes que a temperatura seja suficiente para destruí-las por coagulação. Requer

temperatura maior (170°C) e tempo maior de exposição (1 hora) do que outros métodos físicos de esterilização, como a autoclave, pois o calor seco tem menor poder de penetração quando comparado ao calor úmido¹⁶.

Apesar de não danificar algumas fresas *carbide* (Komet) e ser recomendada pelo Ministério da Saúde⁶ e ADA¹, está havendo uma forte tendência em se indicar a substituição da estufa pela autoclave, por tratar-se de um método menos sensível à falha humana, para o controle da esterilização, sendo, este método, superior ao calor seco e esterilização química, onde erros de utilização são significantes comparando-se com os ciclos de autoclavagem que, se interrompidos, devem começar do zero^{30,50}. Considerando esses aspectos e, ainda, os danos causados às fresas pela esterilização em autoclave, torna-se importante o estudo de métodos alternativos de esterilização que superem as limitações desses dois métodos.

As desvantagens dos métodos tradicionais de esterilização (estufa, autoclave e imersão em substâncias químicas), como o tempo requerido para a esterilização, a necessidade de equipamentos caros e danos aos instrumentos^{4,5,11,16,20,39,45,56}, têm estimulado a busca por técnicas de esterilização eficientes e que superem as limitações dos métodos tradicionais. Com este intuito, foi avaliado neste estudo o efeito da esterilização em fornos de microondas domésticos sobre a eficiência de corte das fresas *carbide*.

Segundo Nunes et al.³⁶, em 1996, o processo de esterilização por microondas oferece os mesmos benefícios dos métodos convencionais, com vantagens adicionais relacionadas ao processamento contínuo, à ampliação da

automação, à redução de mão-de-obra, à manutenção do equipamento e à economia de energia. Assim, a esterilização em microondas empregada neste trabalho foi realizada de acordo com a técnica sugerida por Farias¹³, com base em trabalhos da literatura^{5,46,47,56}. Os parâmetros definidos para o tempo de exposição e potência causam a morte de microrganismos, inclusive de esporos, sua forma mais resistente^{5,13,47,56}.

Neste estudo, a esterilização em microondas não teve influência na eficiência de corte das fresas *carbide* da marca Komet, apesar de ter havido uma tendência de redução precoce de capacidade de corte nas fresas S. S. White. Por mais uma vez, a composição da ponta ativa do instrumento pode ter sido o fator determinante dessa diferença entre esses instrumentos, pois, qualquer método de esterilização que envolva água e calor pode promover o desenvolvimento de processos corrosivos das fresas *carbide*^{11,29,33}, em maior ou menor grau, dependendo da composição do instrumento e da quantidade de ciclos de esterilização que foram aplicados.

A técnica de esterilização em forno de microondas 1 proporcionou resultados idênticos à esterilização em autoclave, para as fresas S. S. White. Este aspecto provavelmente tenha ocorrido devido ao fato de este método requerer menor quantidade de água (duas gotas) e maior tempo de exposição (6 minutos) do que o outro método de esterilização por microondas (40 ml e 1 minuto), no entanto, este método leva a um maior período de contato com a água em ebulição e, como consequência, o desenvolvimento de corrosão nas lâminas de corte, que influencia negativamente a eficiência de corte.

Assim, como o método de esterilização em forno de microondas não afetou a eficiência de corte das fresas Komet, ele é indicado como uma importante opção aos processos tradicionais de esterilização de fresas *carbide*, com as vantagens de requerer menor tempo para a esterilização e facilidade técnica, além de possuir custo inferior, tanto em relação ao equipamento, quanto ao consumo de energia^{5,43,46,47}. Porém, para as fresas S. S. White deve ser indicado com cautela, ou seja, poucos ciclos, uma vez que a quantidade de ciclos de esterilização foi determinante na influencia desse método sobre a redução da eficiência de corte desses instrumentos. Portanto, as fresas *carbide*, dependendo de sua composição, podem ser esterilizadas em fornos de microondas domésticos, sem que ocorra redução de sua eficiência e durabilidade.

Ao contrário dos prováveis efeitos da esterilização em microondas sobre a eficiência de corte das fresas *carbide* constatados neste estudo, quando são esterilizados instrumentos rotatórios, usados para o polimento de restaurações de resinas, como taças de resina impregnadas com material abrasivo (Enhance) e discos de dióxido de silício impregnados por um material à base de borracha (Min-Identoflex), a eficiência dos instrumentos é aprimorada⁵⁵. De maneira também diversa, pontas diamantadas não sofrem influência da esterilização por vapor sob pressão, sob sua eficiência de corte⁴⁸.

Estes resultados sugerem que, desde que não existam métodos de esterilização que sejam eficientes e ao mesmo tempo não danifiquem os instrumentos, independente da marca comercial, cada instrumento, de acordo com sua composição, deve ser submetido a um tratamento para a

eliminação da contaminação. Este, infelizmente, é um aspecto altamente negativo, pois se torna mais um empecilho à efetividade do controle de infecção cruzada, nos consultórios odontológicos.

Apesar de, ao final do tempo de utilização avaliado neste estudo, os níveis de eficiência de corte terem sido os mesmos, entre os instrumentos submetidos à esterilização, a redução da eficiência de corte, proporcionada somente pelo tempo de uso, ocorre de maneira mais sutil e progressiva. Isso sugere que, se fossem realizados mais ciclos de esterilização, no mesmo período de utilização, a redução da eficiência de corte ocorreria de maneira acelerada nessas fresas, principalmente nas fresas S. S. White, que demonstraram maior susceptibilidade à corrosão e perda de eficiência de corte.

Além do efeito sobre a eficiência de corte, a esterilização por meios físicos que associam água e calor proporcionaram alterações morfológicas (corrosão) na área de interface ponta ativa/ haste, dos instrumentos da marca S.S. White (Figura 19). Tal fato poderia ser explicado devido à composição metálica da haste ou da solda, ou, ainda, pela técnica de confecção e localização da junção ponta ativa/haste. Podendo-se somar a isso o teor de carbono e outras possíveis causas deste efeito, como: o tipo de união ponta ativa/haste (solda elétrica ou solda convencional utilizando liga metálica), e, principalmente, localização da área de solda³⁹. Isso porque a colocação da solda na base da extremidade de corte da fresa (lâmina de corte), deixa esta junção sujeita ao desgaste durante o uso, o que aumenta a vulnerabilidade aos procedimentos de limpeza e esterilização, favorecendo a fragilidade desta união e sua ruptura durante o

uso. Outra possível explicação seria a diferença de comportamento de polarização, devido à formação de células micro-eletromecânicas nos eletrólitos de diferentes composições e concentrações, pela formação de uma corrente galvânica entre as diferentes partes das fresas (ponta ativa/interface de união/haste), uma vez que a haste é catódica e a extremidade ativa anódica⁴.

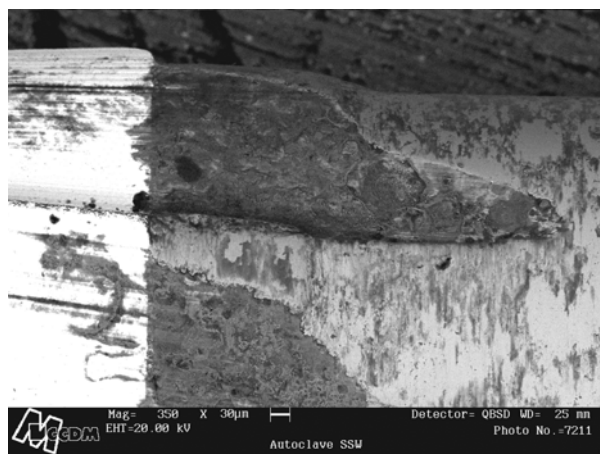
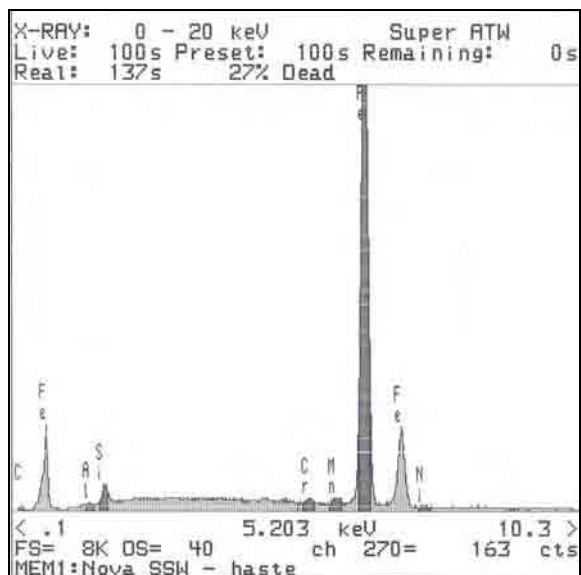


FIGURA 19 – Fotomicrografia em microscópio eletrônico de varredura (350X), da interface de uma fresa *carbide* da marca S. S. White depois de quatro ciclos de esterilização em autoclave.

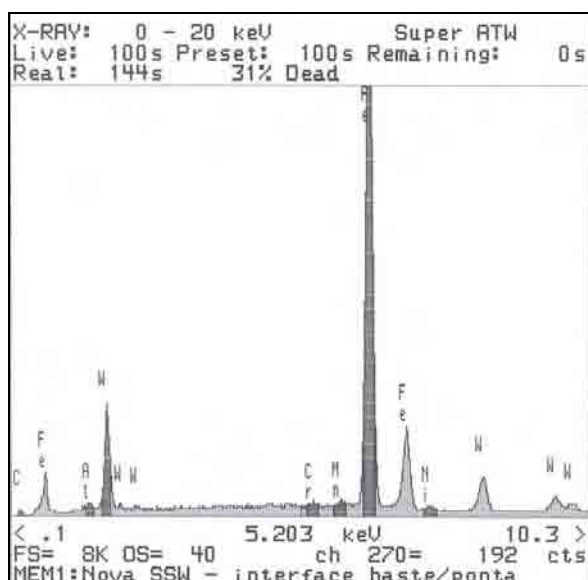
No presente estudo, todos os fatores acima citados colaboraram para degradação da união ponta ativa/haste, nas fresas S. S. White, ao mesmo tempo em que evitaram que as fresas Komet sofressem tais danos. Isso, provavelmente, tenha ocorrido devido ao fato de as fresas da marca S. S. White terem sido confeccionadas por meio de soldagem elétrica, uma vez que a composição metálica da interface de união não se diferenciava das demais áreas (ponta ativa e haste), a haste possuía composição bastante diferente da

ponta ativa, o que, como foi mencionado, poderia favorecer a formação de uma corrente galvânica (Figuras 11, 20 e 21), além do fato de a interface de união estar localizada na área que entra em contato com a estrutura dental durante o desgaste. Apesar de haver diferença consistente de composição entre as diferentes partes das fresas da marca Komet (Figuras 12, 22 e 23), esses instrumentos não apresentaram este tipo de alteração, provavelmente pelos seguintes motivos: esses instrumentos foram confeccionados utilizando-se uma solda composta por prata-cobre-zinco-manganês e níquel que, devido à sua composição, deve possuir resistência à corrosão; a composição da haste não favorece a ocorrência de corrosão, provavelmente devido à alta porcentagem de cromo; e a interface de união fica localizada deslocada em direção à haste, evitando-se, desta forma, que esta área entre em contato com o dente durante os desgastes.



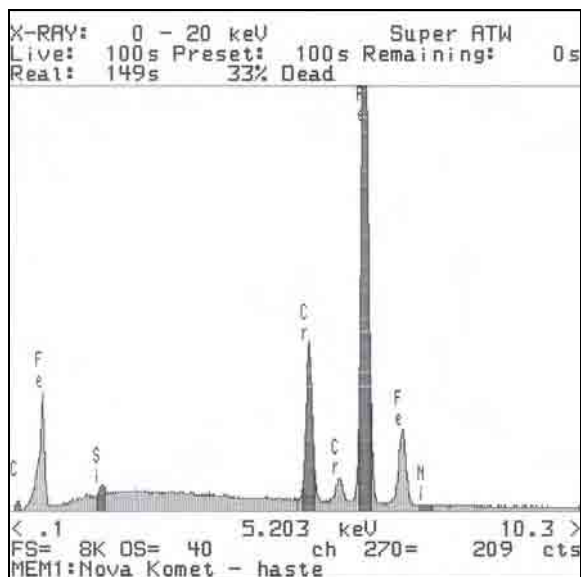
Carbono (C)	- 0,30%
Alumínio (Al)	- 0,16%
Silício (Si)	- 1,64%
Cromo (Cr)	- 0,59%
Manganês (Mn)	- 0,72%
Ferro (Fe)	- 96,20%
Níquel (Ni)	- 0,38%

FIGURA 20 – Análise da composição, por espectroscopia, da haste de uma fresa S. S. White.



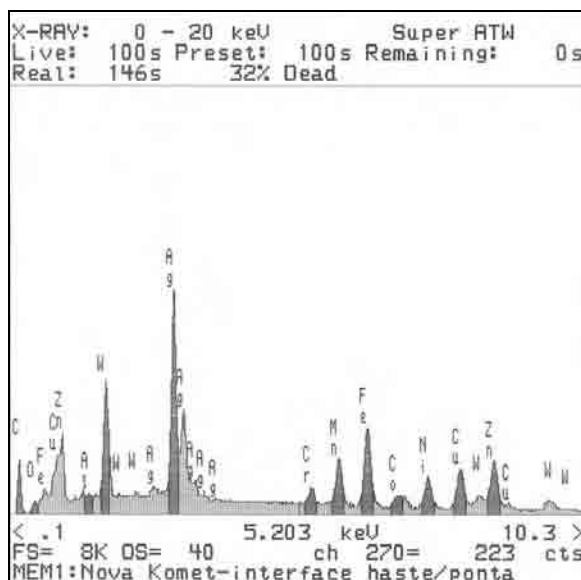
Carbono (C)	- 0,32%
Alumínio (Al)	- 0,57%
Tungstênio (W)	- 7,17%
Cromo (Cr)	- 0,30%
Manganês (Mn)	- 0,53%
Ferro (Fe)	- 90,73%
Níquel (Ni)	- 0,38%

FIGURA 21 – Análise da composição, por espectroscopia, da interface de união haste/ponta ativa de uma fresa S. S. White.



Carbono (C) - 0,49%
 Silício (Si) - 0,69%
 Cromo (Cr) - 21,28%
 Ferro (Fe) - 77,53%
 Níquel (Ni) - 0,01%

FIGURA 22 – Análise da composição, por espectroscopia, da haste de uma fresa Komet.



Carbono (C) - 4,47%
 Oxigênio (O) - 0,47%
 Alumínio (Al) - 0,34%
 Tungstênio (W) - 10,00%
 Prata (Ag) - 31,29%
 Cromo (Cr) - 2,86%
 Manganês (Mn) - 7,65%
 Ferro (Fe) - 15,50%
 Cobalto (Co) - 1,43%
 Níquel (Ni) - 7,17%
 Cobre (Cu) - 9,07%
 Zinco (Zn) - 9,74%

FIGURA 23 – Análise da composição, por espectroscopia, da interface de união haste/ponta ativa de uma fresa Komet.

Este efeito da esterilização em autoclave, apesar de não interferir na eficiência de corte, pode determinar uma fragilidade da união haste/ponta ativa e facilitar a fratura do instrumento durante seu uso, o que pode causar acidentes. Mc Lundie²⁹ observou que as fresas esterilizadas em autoclave ou por calor seco fraturavam-se mais facilmente durante o uso. No presente estudo, houve fratura em apenas uma fresa, durante a utilização, e esta fratura ocorreu justamente na união haste/ponta ativa de uma fresa *carbide* da marca S.S.White, após 48 minutos de uso e 3 ciclos de esterilização em autoclave.

A tendência demonstrada pelas fresas, de diminuição da eficiência de corte em função do número de vezes que são submetidas à esterilização, leva a crer que, se fossem aplicados mais ciclos de esterilização no mesmo intervalo de tempo de 12 minutos, haveria um comportamento mais definido do efeito do número de processamentos de esterilização, sobre a redução da eficiência de corte das fresas.

Apesar de ter ocorrido uma tendência de redução da eficiência de corte das fresas *carbide*, especialmente da marca S. S. White, quando submetidas a qualquer um dos métodos de esterilização, as fresas *carbide* devem ser esterilizadas pelos meios físicos avaliados neste estudo, como forma de auxiliar no controle de infecção cruzada nos consultórios odontológicos.

Conclusão

7 Conclusão

Considerando as condições experimentais deste trabalho e com base nos resultados obtidos, é lícito concluir que:

- As fresas carbide perdem eficiência de corte gradativamente ao longo do tempo de utilização;
- Após 60 minutos de desgaste efetivo de estrutura dental, as fresas *carbide* perdem aproximadamente 50% de sua eficiência de corte, aumentando, assim, o potencial de danos às estruturas dentais sadias;
- A influência da esterilização sobre a eficiência de corte das fresas *carbide* depende do método adotado, da quantidade de ciclos aplicados e da marca dos instrumentos;
- A durabilidade das fresas das marcas comerciais estudadas foi semelhante, apesar de terem apresentado comportamentos diferentes entre si, quanto à redução da eficiência de corte entre os períodos de análise;
- Deve ser responsabilidade do fabricante a indicação do método mais adequado para a esterilização das fresas *carbide*.

Referências

8 Referências^{*}

1. AMERICAN DENTAL ASSOCIATION. Council on Dental Materials and Devices and Council Dental on Therapeutics. Infection control recommendations for the dental office and dental laboratory. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.97, n.4, p.673-677, Oct. 1978.
2. ARAÚJO, M.A.M.; FANTINATO, V. Esterilização e desinfecção de instrumento rotatório. Avaliação de alterações. **Rev. Bras. Odontol.**, São Paulo, v.51, n.4, p.2-6, jul./ago. 1994.
3. ATMACA, S.; AKDAG, Z.; DASDAG, S. CELIK, S. Effect of microwaves on survival of some bacterial strains. **Acta Microbiol. Immunol. Hung.**, Budapest, v.43, n.4, p.371-378. 1996.
4. BAPNA, M.S.; MUELLER, H.J. Corrosion of dental burs in sterilizing and disinfecting solutions. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.59, n.4, p.503-511, Apr. 1988.
5. BORDER, B. G.; RICE-SPEARMAN, L. Microwaves in the laboratory: effective decontamination. **Clin. Lab. Sci.**, Bethesda, v.12, n.3, p.156-160, May/June 1999.
6. BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Políticas da Saúde. Coordenação Nacional de DST e AIDS. **Controle de infecções e a prática odontológica em tempos de AIDS: manual de condutas**. Brasília: Ministério da Saúde, 2000. 118p.

^{*} ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6023: informação e documentação – referências – elaboração. Rio de Janeiro, 2002. 24 p.

7. BURKHART, N.W.; CRAWFORD, J. Critical steps in instrument cleaning: removing debris after sonication. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.128, n.4, p.456-462, Apr. 1997.
8. CHARBENEAU, G.T. et al. **Princípios e prática de dentística operatória**. 3 ed. Rio de Janeiro: Ed. Guanabara Koogan, 1991. p.114-122.
9. CICCONE, J.C. et al. Avaliação da eficiência de desgaste de pontas diamantadas. **RGO**, Porto Alegre, v.52, n.3, p.211-214, jul./ago./set. 2004.
10. CONSANI, S.; STOLF, W.L.; RUHNKE, L.A. Estudo comparativo da efetividade de corte das brocas. **Bol. Mat. Dent.**, Piracicaba, v.1, n.2, p.5-23, jul./dez. 1969.
11. COOLEY R.L. et al. Effect of sterilization on the strength and cutting efficiency. **Quintessence Int.**, Berlin, v.21, n.11, p.919-923, Nov. 1990.
12. DOERR, R.E. Principles associated with the use of high speeds rotary instruments. 1967 apud Berman, M.H. Cutting efficiency in complete coverage preparation. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.79, n.5, p.1160-1167, Nov. 1969.
13. FARIAS, R.J.M. **Esterilização de pontas diamantadas através da energia por microondas**. 2003. 125 f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2003.
14. FARIAS, R.J.M. et al. Análise da estabilidade da temperatura em diferentes posições no interior do forno de microondas. **Pesqui. Odontol. Bras.**, São Paulo, v.16, suppl., p.181, set. 2002. Abstract Pb098.

15. FERNANDES, A.T.; FERNANDES, M.O.V.; RIBEIRO FILHO, N. **Infecção hospitalar e suas interfaces na área da saúde 1**. São Paulo: Editora Atheneu, São Paulo, 2000.
16. FERREIRA, E.L. et al. Avaliação do efeito dos processos de esterilização e desinfecção em brocas de aço carbono e aço de carboneto de tungstênio associados ou não ao uso de lubrificantes. **Rev. Assoc. Bras. Odontol.**, São Paulo, v.8, n.6, p.375-381, dez./jan. 2000/2001.
17. FICHMAN, D.M. et al. Alterações morfológicas observadas em brocas devidas ao desgaste de estrutura dental e ao polimento do amálgama. **Rev. Assoc. Paul. Cirur. Dent.**, São Paulo, v.35, n.4, p.354-360, jul/ago.1981.
18. FONTANA, R.H.B.T.S. et al. Brocas para alta rotação: estudo fotomicrográfico comparativo das características de superfície de instrumentos rotatórios de carbeto de tungstênio e diamante - efeito de tempo e procedência do instrumento. **RGO**, Porto Alegre, v.37, n.4, p.341-345, set./out. 1989.
19. FONTANA, U.F. et al. Estudo comparativo da eficiência de instrumentos rotatórios de carboneto de tungstênio e diamante. Análise gravimétrica. Efeito de tempo e procedência do instrumento. **Rev. Assoc. Paul. Cirur. Dent.**, São Paulo, v.39, n.1, p.54-63, jan./fev. 1985.
20. JOHNSON, G.K.; PERRY, F.U.; PELLEU, G.B. Effect of four anticorrosive dips on the cutting efficiency of dental carbide burs. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.114, n.5, p.648-650, May 1987.

21. KANAAN, E.; AMIS, A.A.; DERRICK, J.S. The magnitude of cutting forces at high speed. **J. Prosthet Dent.**, St. Louis, v.89, n.3, p.286-291, Mar. 2003.
22. KING, D.R.; REITZ, C.D.; KING, A.C. Cutting efficiency of carbide burs on two composite resins. **J. Can. Dent. Assoc.**, Ottawa, v.48, n.4, p.263-265. Apr. 1982.
23. KUGEL, G. et al. Disinfection and communication practices: a survey of U.S. dental laboratories. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.131, n.6, p.786-792, June 2000.
24. LIAO, W.M. et al. Studies on dental high-speed cutting. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v.22, n.1, p.67-72, Jan. 1995.
25. LLOYD, B.A.; RICH, J.A.; BROWN, W.S. Effect of cooling techniques on temperature control and cutting rate for high-speed dental drills. **J. Dent Res.**, Chicago, v.57, n.5-6, p.675-684, May/June 1978.
26. LOPES, H.P.; ELIAS, C.N.; COSTA FILHO, A.S. Avaliação da corrosão de brocas Gates-Glidden. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v.49, n.2, p.32-35, mar./abr. 1992.
27. LUEBKE, N.H.; CHAN, K.C.; BRAMSON, J.B. The cutting effectiveness of de carbide fissure burs on teeth. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 43, n.1, p.42-45, Jan. 1980.
28. MACHADO, G.L.; KATHER, J.M. Estudo do controle da infecção cruzada utilizada pelos cirurgiões dentistas de Taubaté. **Revista de Biociências**, Taubaté, v.8, n.1, p.1-8, 2002.
29. Mc LUNDIE, A.C. The effects of various methods of sterilization and disinfection on tungsten-carbide burs. **Br Dent J.**, London, v.137, n.2, p.49-55, Jul. 1974.

30. MAGRO-FILHO, O.; MELO, M.S.; SILVA, C.M. Métodos de esterilização, desinfecção e paramentação utilizados pelo cirurgião dentista e auxiliar no consultório odontológico. Levantamento entre os profissionais. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, São Paulo, v.45, n.5, p.589-592, set./out. 1991.
31. MATSON, E.; KIKUCHI, H.K. Avaliação da eficiência de corte dos instrumentos rotatórios de carboneto de tungstênio em alta rotação. **Rev. Assoc. Paul. Cir. Dent.**, São Paulo, v.35, n.2, p.150-155, mar./abr. 1981.
32. MEDEIROS, P.J.; TINOCO, E.; UZEDA, M. Avaliação de quatro métodos para esterilização de instrumentos de Odontologia. **Rev. Bras. Odontol.**, Rio de Janeiro, v.47, n.2, p.30-32, mar./abr. 1990.
33. MILLER, C.H. Instrument sterilization and beyond. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.15, n.2, p.137-138, Apr. 2002.
34. MILLER, C.H. Tips on preparing instruments for sterilization. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.15, n.1, p.66, Feb. 2002.
35. MILLER, C.H.; COTTONE, J.A. The basic principles of infections diseases as related to dental practice. **Dent. Clin. North Am.**, Philadelphia, v.37, n.1, p.1-20, Jan. 1993.
36. NUNES, I.A.; GERMANO, M.I.S.; GERMANO, P.M.L. Forno de microondas: solução ou problema para a saúde pública? **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.10, n.42, p.9-13, mar./abr. 1996.
37. OHMOTO, K. et al. Studies on dental high-speed cutting with carbide burs used on bovine dentin. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.71, n.3, p.319-323, May/June 1994.

38. PALENIK, C.J.; BURKE, T.; MILLER, C.H. Strategies for dental clinic infection control. **Dent. Update**, London, v.27, n.1, p.7-15, Jan./Feb. 2000.
39. PATTERSON, C.J.W.; Mc LUNDIE, A.C. The effect of ultrasonic cleansing and autoclaving on tungsten carbide burs. **Br. Dent. J.**, London, v.164, n.20, p.113-115, Feb. 1988.
40. PINES, M.; SCHULMAN, A. Characterization of wear of tungsten carbide burs. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.99, n.5, p.831-833, Nov. 1979.
41. PITA, A.P.G. et al. Avaliação de fatores influentes na temperatura no interior do forno de microondas. **Pesqui. Odontol. Bras.**, São Paulo, v.18, suppl., p.167, mês abreviado, 2004. Abstract Pb087.
42. REISBICK, M.H.; BUNSHAH, R.F. Wear characteristics of burs. **J. Dent Res.**, Chicago, v.52, n.5, p.1138-1146, Sept./Oct. 1973.
43. RIZZO, R. Gli effetti della sterilizzazione con microonde sulle frees diamantate. **Minerva Stomatol.**, Torino, v.42, n.3, p.93-96, mar. 1993.
44. RODRIGUES, H.H.; RODRIGUES, H.U.H.; ROLLO, J.A. Estudo cinético e quantitativo da pressão de preparo cavitário. **RGO**, Porto Alegre, v.30, n.3, p.172-180, jul./set. 1982.
45. ROHRER, M.; BULARD, R. Microwave sterilization. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v.110, n.2, p.194-198, Feb. 1985.
46. ROSASPINA, S. et al. Effect of microwave radiation on *Candida albicans*. **Microbios**, Cambridge, v.78, n.314, p.55-59, 1994.

47. ROSASPINA, S. et al. Prove sperimentali su di un sistema di sterilizzazione a micro-onde. **Minerva Stomatol.**, Torino, v.43, n.1-2, p.17-21, jan./feb. 1994.
48. SANTANA, I.L. **Estudo comparativo da eficiência de desgaste de pontas diamantadas em função do tipo de esterilização, tempo de utilização e procedência do instrumento.** 2000. 119 f. (Mestrado em Reabilitação Oral) – Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista , Araraquara, 2000.
49. SANTI, M.R. et al. Estudo dos métodos de controle de infecção cruzada utilizados pelos profissionais de Odontologia da cidade de Araraquara. **Pesqui. Odontol. Bras.**, São Paulo, v.18, suppl., p.52, mês abreviado 2004. Abstract Ia061.
50. SAVAGE, N.W.; WALSH, L.J. The use of autoclaves in the dental surgery. **Aust. Dent. J.**, Sydney, v.40, n.3, p.197-200, June 1995.
51. SCHUCHARD, A.; WATKINS, E.C. Cutting effectiveness of tungsten de carbide burs and diamond points at ultra-high rotational speeds. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v.18, n.1, p.58-65, July 1967.
52. SIEGEL, S.C.; VON FRAUNHOFER, J.A. Comparison of sectioning rates among de carbide and diamond burs using three casting alloys. **J. Prosthodont.**, Philadelphia, v.8, n.4, p.240-244, Dec. 1999.
53. SIEGEL, S.C.; VON FRAUNHOFER, J.A. Dental burs-- what bur for which application? A survey of dental schools. **J. Prosthodont.**, Philadelphia, v.8, n.4, p.258-263, Dec. 1999.

54. TANAKA, N. et al. Cutting effectiveness and wear of carbide burs on eight machinable ceramics and bovine dentin. **Dent. Mater.**, Copenhagen, v.7, p.247-253, Oct. 1991.
55. TATE, W.H.; GOLDSCHMIDT, M.C.; POWERS, J.M. Performance of composite finishing and polishing instruments after sterilization. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.9, n.2, p.61-64, Apr. 1996.
56. TATE, W.H. et al. Disinfection and sterilization of composite polishing instruments. **Am. J. Dent.**, San Antonio, v.8, n.5, p.270-272, Oct. 1995.
57. TAVARES DA SILVA, R.H.B. et al. Efeito da desinfecção química sobre a eficiência de corte de pontas diamantadas. **Rev. Odontol. UNESP**, São Paulo, v.31, n.2, p.259-268, jul./dez. 2002.
58. TAVARES DA SILVA, R.H.B. et al. Pontas diamantadas: eficiência de corte após limpeza com ultra-som e desinfecção. **RGO**, Porto Alegre, v.50, n.4, p.225-230, 2002.
59. VELA, G.R.; WU, J.F. Mechanism of lethal action of 2450 Mhz radiation on microorganism. **Appl. Environ. Microbiol.**, Washington, v.37, n.3, p.550-553, Mar. 1979.
60. WATSON, T.F.; COOK, R.J. The influence of bur blade concentricity on high-speed tooth-cutting interactions: a video-rate confocal microscopic study. **J. Dent Res.**, Chicago, v.74, n.11, p.1749-1755, Nov. 1995.
61. WEBB, B.C. et al. Effectiveness of two methods of denture sterilization. **J. Oral. Rehabil.**, Oxford, v.25, n.6, p.416-423, June 1998.

62. WILWERDING, T.; AIELLO, A. Comparative efficiency testing 330 carbide dental burs utilizing Macor substrate. **Pediatr. Dent.**, Chicago, v.12, n.3, p.170-171, May/June 1990.

Resumo

PITA, A.P.G. **Efeito do método de esterilização e do tempo de uso sobre a eficiência de corte de fresas *carbide***. 2005. 162 f. Dissertação (Mestrado em Reabilitação Oral – Prótese). Faculdade de Odontologia, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2005.

Resumo

Considerando a importância do controle de infecção cruzada nos consultórios odontológicos, a vasta utilização de fresas de aço inoxidável/carbeto de tungstênio (*carbide*) e o receio dos cirurgiões dentistas em esterilizar esses instrumentos devido ao risco de danificá-los, o objetivo deste trabalho foi avaliar, comparativamente, o efeito de alguns métodos de esterilização, preconizados pela literatura e pelo Ministério da Saúde, sobre a eficiência de corte de fresas *carbide*. Os métodos de esterilização empregados foram: estufa, autoclave e forno de microondas; as marcas comerciais das fresas foram: Komet e S.S. White; e o tempo de aplicação desses instrumentos, em esmalte dental bovino, variou de 12 a 60 minutos. Para coleta dos dados, foram realizados testes gravimétricos e acompanhamento visual das fresas, após estas terem sido submetidas às diferentes condições experimentais. A análise dos resultados permitiu observar que ocorreu perda de eficiência de corte ao longo do tempo de utilização. Observou-se também que a partir de 60 minutos de aplicação em esmalte dental bovino, a eficiência de corte reduziu a 50% dos níveis iniciais. O efeito da esterilização foi diferente entre as marcas comerciais, sendo que cada uma se comportou de maneira diversa, em relação à quantidade de

ciclos aplicados. Porém, a durabilidade total dos instrumentos não diferiu entre as marcas comerciais ou entre os métodos de esterilização aplicados. Considerando-se a importância e a responsabilidade do cirurgião dentista, quanto ao controle de infecção cruzada no ambiente do consultório odontológico, e comparando-se aos resultados relativos à durabilidade, evidenciados neste trabalho, pode-se afirmar que a utilização de métodos de esterilização, pode e deve ser adotada com segurança para esterilização de fresas *carbide*.

Palavras-chave: Esterilização; instrumentos odontológicos; infecção – transmissão.

Apêndice

Apêndice A

Quadro A1 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₁ a cada 2 minutos

REPET	T ₁									
	M ₁					M ₂				
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
R ₁	33,30	45,20	26,90	37,10	64,40	72,10	34,00	46,30	33,40	62,00
	48,10	49,60	30,70	45,20	59,10	36,80	31,40	31,20	68,20	55,70
	57,70	31,50	37,90	38,20	32,50	25,50	51,80	28,60	32,40	30,80
	53,40	52,50	34,90	45,10	29,00	49,00	30,30	33,70	43,10	60,10
	57,20	30,40	30,80	42,70	41,70	26,60	24,80	21,50	32,30	42,90
	37,10	49,50	48,40	53,40	33,30	38,90	25,20	25,40	47,80	20,20
R ₂	40,80	34,20	47,90	46,20	59,20	29,60	109,20	28,80	72,20	69,70
	63,40	30,30	24,60	34,00	44,80	39,40	33,50	42,70	43,90	53,90
	32,00	27,10	97,10	38,10	49,50	46,40	30,40	31,30	45,70	45,80
	46,60	41,50	45,90	34,80	47,60	28,90	40,90	32,80	22,10	25,90
	51,60	38,20	32,40	28,00	29,90	37,40	21,00	49,30	50,40	53,40
	19,00	24,90	28,60	37,40	46,70	38,10	22,10	39,70	57,30	28,40
R ₃	38,20	48,50	33,90	49,20	61,30	62,90	41,80	50,30	118,90	46,90
	26,90	33,10	35,90	33,90	44,60	37,70	24,70	45,60	107,40	34,70
	52,80	46,00	29,30	27,80	66,60	43,30	56,70	34,60	48,30	33,90
	52,00	33,40	31,30	34,30	27,00	60,40	34,70	10,10	84,00	28,90
	23,50	26,80	48,40	36,00	26,80	39,10	43,80	43,30	100,00	29,30
	33,20	34,80	26,10	36,80	30,40	34,70	46,90	42,30	67,60	19,50
R ₄	51,40	62,00	41,80	50,80	38,70	27,30	68,60	39,10	48,00	46,90
	33,20	40,00	52,60	23,90	38,00	64,00	52,80	41,60	31,10	19,20
	37,80	29,30	56,70	42,00	24,60	46,30	30,70	36,90	40,80	70,90
	30,60	20,90	26,00	29,30	19,20	52,70	27,60	34,00	51,70	31,10
	28,10	47,70	28,60	46,20	28,90	56,60	29,90	29,60	40,10	54,60
	55,00	32,10	36,40	27,50	20,00	60,80	39,60	37,60	14,10	49,10
R ₅	27,10	45,50	35,90	45,50	30,00	47,00	33,00	57,50	43,60	61,10
	41,20	31,50	48,60	49,10	35,90	40,90	54,80	36,80	23,00	30,30
	18,20	34,90	39,20	35,20	26,30	56,80	38,20	58,20	58,80	57,80
	29,80	36,00	40,20	43,00	35,90	43,00	24,40	54,50	37,30	53,50
	35,90	49,90	36,00	34,70	24,10	27,80	55,90	39,40	43,00	56,70
	36,20	39,40	40,30	35,50	26,80	38,30	32,00	45,10	48,40	44,00
R ₆	25,50	50,40	31,20	56,90	62,00	38,90	48,90	63,50	70,00	39,10
	40,30	43,80	48,00	49,90	52,20	36,70	46,60	50,60	29,80	53,70
	35,80	20,80	49,60	50,80	26,20	41,20	29,40	54,50	22,40	39,10
	44,40	25,90	29,00	69,30	23,40	41,20	48,20	47,80	41,50	41,80
	58,30	38,80	29,40	22,70	30,60	41,00	36,50	43,30	25,20	44,10
	34,20	28,70	30,70	48,80	19,80	44,90	24,70	30,00	34,50	33,20
R ₇	59,70	49,50	64,30	59,00	56,40	41,20	30,90	38,00	33,30	52,00
	53,50	58,60	66,00	38,40	44,40	61,20	26,60	34,40	50,90	30,80
	31,20	35,40	50,40	41,10	48,20	39,10	38,90	72,60	31,30	20,60
	48,40	37,90	52,40	31,60	25,50	25,90	22,40	16,00	21,70	10,30
	38,80	39,60	33,00	14,90	30,20	24,00	26,90	59,00	33,20	61,90
	40,10	50,10	71,30	25,20	27,80	39,00	39,30	21,80	24,90	43,60

Quadro A2 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T_2 a cada dois minutos

REPET	T_2									
	M_1					M_2				
	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5
R_1	38,80	33,40	26,40	31,50	36,40	15,30	25,90	23,70	34,20	31,80
	31,80	38,30	28,50	32,30	26,20	34,70	12,10	44,40	39,60	26,20
	42,00	35,30	34,00	24,80	32,10	47,30	25,70	22,00	49,10	18,50
	40,90	38,50	21,80	35,10	30,20	33,80	21,30	35,70	72,20	23,30
	22,30	45,80	27,70	21,50	25,00	23,00	33,10	20,40	31,00	45,80
	38,80	31,90	26,90	18,40	34,40	35,00	31,40	28,60	23,20	26,20
R_2	35,30	14,30	25,20	26,90	35,90	25,10	32,20	18,00	26,60	24,70
	45,30	12,80	27,50	30,00	47,80	18,90	36,80	12,10	22,40	25,10
	59,20	23,30	32,20	26,90	50,90	15,90	12,20	23,60	22,20	56,70
	41,50	29,00	40,80	32,60	52,30	20,90	15,30	34,90	24,90	28,50
	42,60	31,10	27,80	17,40	44,00	19,70	16,80	25,10	24,60	19,70
	25,80	19,40	26,60	17,40	35,90	15,30	33,00	23,10	23,50	24,60
R_3	18,30	40,70	23,00	23,70	32,50	50,00	22,50	20,80	20,20	18,60
	19,90	9,00	26,20	26,70	32,10	36,20	16,20	32,50	30,40	24,90
	38,70	25,20	42,20	46,70	24,00	28,40	46,20	32,20	31,20	24,50
	18,60	22,80	41,60	33,70	22,30	27,10	36,50	41,30	19,80	40,60
	23,00	40,90	33,70	29,20	38,90	27,90	20,20	37,20	32,10	13,00
	24,50	30,80	22,30	40,00	15,70	15,20	43,00	25,10	24,30	17,70
R_4	32,10	31,90	42,10	47,80	29,70	26,60	33,30	17,70	27,10	27,70
	23,20	24,10	41,90	48,80	29,50	35,30	25,10	17,70	36,10	42,90
	33,00	34,60	37,00	41,10	23,80	32,80	33,50	34,80	32,30	28,70
	28,40	44,50	46,90	28,70	27,80	51,40	24,40	32,90	18,00	35,20
	31,60	27,80	35,90	27,60	27,90	21,00	32,60	19,90	21,30	29,20
	25,20	29,20	33,20	46,00	21,50	23,60	32,50	23,70	31,00	40,70
R_5	32,00	30,40	30,90	45,50	29,30	38,00	33,30	27,10	33,90	32,10
	33,70	25,90	31,40	34,60	35,10	37,50	25,10	22,00	38,80	17,20
	23,80	30,00	28,70	21,10	35,00	17,20	43,50	29,90	32,20	17,00
	41,00	40,40	37,40	43,20	42,70	29,00	24,40	20,20	40,60	37,50
	20,50	36,00	57,20	52,40	36,20	38,20	32,60	14,60	22,80	34,40
	28,90	24,10	27,00	47,70	24,20	28,00	32,50	21,50	29,60	36,70
R_6	30,20	29,10	25,50	18,50	35,20	30,50	29,80	29,80	37,20	35,50
	23,80	43,10	13,90	34,40	34,60	60,60	49,40	49,40	32,20	20,00
	45,80	21,00	30,40	43,60	38,10	36,10	41,10	41,10	50,20	35,70
	46,50	27,30	33,90	13,00	27,30	34,40	52,80	52,80	25,10	30,10
	33,90	22,30	23,20	40,60	22,30	24,80	42,60	42,60	38,90	54,10
	38,20	19,40	38,90	24,30	19,40	29,00	24,60	24,60	29,90	43,10
R_7	21,70	30,90	21,20	25,60	20,80	38,50	30,20	42,00	38,00	40,00
	34,20	23,10	42,20	53,40	38,60	2,10	31,60	43,80	31,00	26,10
	26,60	27,80	39,00	23,10	25,40	36,10	37,70	31,80	24,80	35,80
	34,70	39,20	26,60	21,20	29,60	40,50	37,60	24,10	24,70	43,90
	28,80	37,60	18,10	42,70	25,30	20,10	32,40	41,50	35,10	52,70
	28,10	39,80	42,00	46,20	20,70	58,50	26,40	40,20	22,90	48,20

Quadro A3 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₃ a cada 2 minutos

REPET	T ₃									
	M ₁					M ₂				
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
R ₁	48,70	21,10	24,70	37,10	29,30	30,00	29,20	20,00	43,10	26,40
	37,80	20,40	27,40	33,10	22,10	23,80	17,20	27,70	29,70	25,70
	27,90	21,10	17,20	16,60	19,40	20,10	15,40	29,10	24,50	34,00
	35,00	31,80	22,10	30,90	45,20	49,50	29,90	24,80	27,00	27,70
	31,20	31,30	34,40	31,80	20,00	29,10	20,50	23,40	34,90	25,90
	35,10	26,50	32,40	33,40	18,90	38,70	28,40	26,00	38,40	14,10
R ₂	24,00	41,90	42,30	36,70	21,00	16,10	18,90	32,10	27,50	22,90
	43,70	24,60	41,00	23,60	34,70	25,90	23,60	27,60	20,30	23,30
	35,80	32,10	45,90	20,30	26,60	46,10	19,60	45,50	28,40	46,90
	34,40	28,60	37,80	27,60	35,40	37,40	20,00	21,10	42,30	21,90
	43,00	21,90	30,00	24,40	33,50	20,10	15,40	41,70	23,40	27,50
	32,80	31,80	33,50	25,40	16,20	37,30	25,60	18,60	41,10	25,10
R ₃	29,60	48,40	32,20	53,60	47,70	47,70	25,10	36,20	22,90	25,50
	22,80	48,90	34,90	47,80	59,90	50,00	34,80	27,80	39,90	27,40
	28,30	23,00	36,50	13,80	25,80	26,80	40,40	39,30	56,30	45,80
	30,40	31,40	31,60	27,30	31,00	22,90	32,60	41,20	28,90	34,50
	36,00	24,70	35,00	41,70	29,80	49,20	45,60	29,10	31,70	43,70
	36,00	35,40	36,80	41,40	29,00	29,90	31,90	39,80	38,20	44,30
R ₄	17,90	32,30	35,20	41,40	20,10	43,50	26,30	32,30	26,50	49,10
	21,80	24,20	10,40	40,00	27,30	28,80	35,30	26,40	47,70	36,40
	26,90	30,20	34,50	44,50	25,00	49,60	33,30	25,00	24,90	35,30
	35,90	42,90	31,00	42,30	12,30	33,00	31,00	26,80	12,00	45,90
	27,30	15,90	30,80	17,00	20,40	36,00	24,40	25,90	31,20	23,80
	17,40	22,60	31,90	30,40	22,60	18,00	39,20	22,00	24,10	26,00
R ₅	44,10	28,20	35,60	15,80	23,30	30,00	26,60	19,80	44,80	29,60
	18,90	28,50	23,70	25,70	29,90	42,80	27,70	36,90	20,40	13,50
	14,60	37,60	23,90	15,90	48,60	20,40	27,70	18,20	20,50	10,80
	29,20	40,70	22,10	42,20	42,60	29,40	11,00	25,60	17,30	17,20
	25,10	32,70	36,40	17,20	26,80	16,90	15,40	11,30	22,20	32,90
	24,30	15,10	34,50	9,80	47,00	29,00	7,70	16,60	11,70	32,00
R ₆	41,10	19,50	24,50	54,20	28,40	42,00	24,00	37,90	21,50	35,00
	23,40	19,60	26,90	21,10	29,00	39,50	29,50	31,40	32,40	27,50
	26,20	16,20	26,00	17,90	19,70	35,20	27,90	39,10	34,70	49,90
	21,50	17,60	17,50	25,70	34,20	26,00	24,70	26,20	30,40	36,10
	29,50	14,10	25,80	28,40	20,60	34,10	25,30	39,20	31,10	31,20
	34,00	19,90	16,90	38,40	33,40	46,00	17,20	19,10	24,20	17,50
R ₇	30,30	19,80	20,40	21,00	29,20	41,20	24,90	30,00	36,30	22,60
	37,70	50,70	30,30	14,40	25,20	27,90	28,10	22,20	39,70	22,30
	29,52	13,40	24,70	39,30	30,90	36,80	31,90	39,80	37,50	26,70
	41,20	28,90	27,20	40,10	22,70	18,20	29,60	36,50	31,90	43,70
	37,40	18,00	34,60	37,30	26,70	21,60	32,20	26,90	26,40	42,60
	19,80	25,00	24,60	26,50	28,70	32,00	37,90	23,30	22,70	39,90

Quadro A4 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₄ a cada 2 minutos

REPET	T ₄									
	M ₁					M ₂				
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
R ₁	29,80	35,10	31,80	21,00	28,50	35,30	41,60	50,30	39,10	45,10
	36,80	20,10	25,60	17,60	17,30	16,60	42,20	47,70	34,90	25,60
	14,10	27,20	43,40	41,10	23,80	23,10	28,20	24,10	24,90	29,70
	46,40	27,40	29,50	15,10	30,80	32,00	34,90	20,90	34,00	14,50
	25,80	19,50	45,90	18,80	30,30	53,80	36,60	29,40	44,40	39,50
	39,70	28,50	33,50	30,00	30,60	23,60	14,90	21,70	23,40	21,90
R ₂	22,70	40,70	28,00	35,10	39,80	32,10	23,20	24,10	30,20	28,30
	39,10	45,20	50,00	55,20	47,70	35,90	22,90	22,10	20,90	27,50
	39,40	28,30	19,30	28,10	22,50	17,90	34,60	21,70	36,40	47,90
	24,20	31,90	36,70	24,20	18,30	16,00	17,40	16,90	13,70	32,20
	38,60	23,10	25,30	36,70	22,50	50,40	34,80	37,70	20,40	42,20
	35,40	33,00	27,90	42,70	22,00	31,40	32,60	44,00	21,00	36,60
R ₃	27,90	41,60	16,50	40,80	46,20	22,40	21,10	16,40	25,00	23,50
	26,00	24,90	23,50	23,80	20,20	22,90	26,10	17,90	31,60	31,90
	23,30	18,80	21,00	19,40	24,20	29,20	14,60	16,70	15,40	39,10
	27,30	23,40	35,20	20,60	33,90	26,30	18,00	20,70	33,50	27,10
	24,90	21,60	20,10	43,10	30,00	44,80	44,30	12,30	18,90	46,90
	36,30	33,90	15,90	18,80	40,10	22,50	18,10	30,90	30,70	22,80
R ₄	32,50	27,40	32,10	25,90	28,20	16,40	26,70	36,60	24,00	13,60
	26,80	37,80	21,10	24,40	24,90	37,70	41,90	16,80	20,80	17,50
	33,30	15,00	20,10	16,60	22,30	16,40	45,60	7,90	34,40	24,10
	25,90	27,30	17,40	24,90	42,10	17,20	42,70	33,20	24,10	30,20
	24,20	14,00	14,20	20,90	9,90	55,30	43,20	39,40	2,80	22,80
	13,20	18,00	28,10	16,00	36,60	47,20	49,90	26,10	32,80	31,10
R ₅	22,50	31,40	36,90	14,40	30,80	36,40	29,10	10,70	25,80	27,90
	44,90	42,70	29,90	20,00	49,10	26,00	21,20	25,10	35,30	30,50
	40,20	26,60	28,20	17,20	35,40	25,70	21,80	19,70	13,20	34,50
	41,00	23,10	26,70	20,80	27,80	27,00	26,60	22,40	22,00	14,10
	25,20	9,00	31,40	17,80	37,60	34,80	26,40	16,50	29,80	30,40
	36,10	15,10	37,40	21,40	21,30	9,70	21,90	35,60	21,20	21,90
R ₆	14,50	30,80	19,10	41,00	21,60	41,30	20,10	17,90	29,40	44,80
	23,60	24,50	39,40	31,90	17,20	46,70	40,40	37,20	20,80	24,90
	32,70	14,00	26,90	22,70	28,40	37,80	23,60	15,20	26,90	34,60
	15,60	27,90	25,10	36,90	23,80	34,00	29,20	45,50	37,10	37,50
	31,40	23,60	19,80	37,00	17,70	21,60	22,30	29,60	34,50	25,20
	18,80	30,10	19,00	18,90	25,00	24,50	21,20	43,20	29,80	41,70
R ₇	37,10	41,50	19,70	34,80	23,00	27,90	22,80	30,60	29,70	39,40
	35,60	41,40	25,40	37,60	30,00	51,50	31,20	19,20	41,10	20,70
	38,60	19,00	15,10	20,30	21,90	25,30	31,30	40,70	28,80	41,00
	35,30	34,90	25,80	37,60	21,20	35,10	34,10	29,10	25,80	37,60
	19,80	13,30	9,30	34,00	28,20	41,40	34,10	42,90	31,30	27,30
	14,90	31,80	33,00	17,80	19,10	30,30	28,00	22,80	44,20	36,90

Quadro A5 – Valores de desgaste (mg) obtidos em T₅ a cada 2 minutos

REPET	T ₅									
	M ₁					M ₂				
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅
R ₁	26,30	16,60	24,30	36,70	16,20	19,70	11,20	19,80	19,10	27,50
	22,50	20,60	21,50	16,20	20,20	34,50	17,80	20,20	40,40	25,90
	16,60	20,50	21,50	7,60	10,40	15,90	27,10	14,20	26,50	17,40
	23,30	13,70	12,80	13,70	16,50	22,90	14,80	23,50	16,50	18,10
	7,30	17,20	21,10	24,50	13,20	22,40	27,10	9,70	13,00	19,80
	23,80	19,10	21,80	28,70	18,70	21,00	19,10	19,60	30,00	11,60
R ₂	27,30	16,30	21,40	25,50	28,00	20,20	19,10	14,50	22,40	8,60
	23,60	25,40	25,80	20,50	23,10	17,40	25,00	15,70	29,80	23,50
	24,70	14,50	18,30	18,30	15,20	12,90	12,60	20,40	17,90	17,70
	14,20	17,70	22,90	15,20	15,70	22,40	18,90	20,10	31,40	28,20
	23,50	15,60	20,20	24,40	20,60	13,60	14,90	15,10	23,20	22,60
	17,10	10,50	24,10	18,60	23,00	14,20	20,70	13,60	14,10	19,70
R ₃	12,20	14,30	14,80	16,70	16,70	19,30	12,30	20,00	22,90	22,70
	10,90	17,20	14,20	22,20	35,50	30,30	28,20	26,30	9,90	18,50
	10,80	19,10	16,30	26,20	15,10	23,20	17,70	22,20	17,40	20,20
	27,80	15,70	16,60	17,00	10,60	15,50	19,20	13,70	22,00	9,10
	23,20	23,50	25,90	17,90	25,80	27,00	5,90	11,00	41,40	37,60
	11,70	9,70	18,50	16,00	8,40	18,90	21,80	22,90	10,40	19,50
R ₄	21,50	14,70	10,90	18,70	16,70	34,50	24,70	37,10	24,90	20,30
	37,80	15,00	28,00	40,20	41,40	24,10	29,50	33,30	33,10	35,30
	33,10	13,10	14,00	35,20	11,90	32,50	19,80	24,80	19,80	28,90
	46,30	25,30	28,90	22,60	9,60	21,10	20,60	41,40	20,30	12,80
	17,80	27,00	33,20	26,00	34,40	37,40	36,10	32,90	34,50	22,90
	26,00	19,00	24,60	31,20	28,70	25,50	21,80	2,00	34,90	29,50
R ₅	22,60	11,60	20,70	21,20	26,60	37,80	25,90	27,80	38,00	29,90
	26,30	22,10	18,60	23,40	17,60	32,90	19,00	35,90	10,70	33,30
	22,00	24,90	28,40	40,50	43,50	35,30	14,80	12,30	40,40	30,90
	29,30	19,80	17,40	19,60	19,40	21,60	7,10	23,20	24,90	20,10
	39,90	27,10	19,50	31,20	26,50	31,40	10,10	23,00	35,30	23,80
	10,50	19,00	31,20	14,40	17,90	18,90	23,70	12,50	32,60	29,50
R ₆	30,70	28,90	18,00	23,00	26,80	25,40	18,50	37,10	30,40	29,80
	24,20	31,90	22,20	18,30	26,10	35,40	20,20	19,30	17,10	34,30
	18,10	24,00	12,20	21,00	13,60	28,40	19,40	17,30	32,70	19,90
	21,60	16,20	11,40	18,10	17,60	34,50	37,20	30,40	29,70	32,20
	29,30	21,90	15,60	26,50	18,80	16,70	33,90	22,30	21,30	20,60
	25,40	35,90	21,10	23,90	14,50	20,90	15,20	20,50	23,20	22,40
R ₇	28,00	23,90	36,20	34,30	28,80	41,20	43,70	36,20	25,30	29,90
	19,00	40,00	17,40	30,50	36,50	25,20	21,30	27,30	26,10	33,30
	28,20	26,60	19,80	20,50	15,80	22,80	47,20	40,50	21,00	30,90
	18,70	19,00	35,30	20,20	22,70	20,40	21,50	24,10	20,70	20,10
	22,10	18,70	33,10	35,00	13,40	38,00	15,30	11,00	34,60	23,80
	25,80	29,50	16,90	31,10	15,50	17,10	15,90	8,30	19,90	29,50