

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA MECÂNICA

**“MÉTODOS PARA ACOMPANHAMENTO DO
DESGASTE DENTÁRIO NO BRUXISMO”**

AGNES BATISTA MEIRELES

Belo Horizonte, 25 de maio de 2009

AGNES BATISTA MEIRELES

“MÉTODOS PARA ACOMPANHAMENTO DO DESGASTE DENTÁRIO NO BRUXISMO”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Bioengenharia

Linha de Pesquisa: Bioengenharia

Orientador: Professor Estevam Barbosa de Las Casas

Co-orientadora: Professora Tulimar Pereira Machado Cornacchia

Escola de Engenharia da UFMG

2009

Dedico esta conquista, com todo amor, à minha família, razão maior do meu empenho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que sempre me deu forças para vencer os desafios, que nunca deixou meus sonhos serem esquecidos por mais inatingíveis que podiam aparentar;

Ao professor Estevam Barbosa de Las Casas, pela amizade, orientação e motivação, sua presença foi vital para vencer mais esta etapa;

À professora Tulimar Pereira Machado Cornacchia, pela valiosa cooperação, carinho e contribuições desde o período da graduação;

À professora Geralda Cristina Godoy, por possibilitar e receber o projeto em seu departamento e laboratório;

À Doutora Flávia de Souza Bastos, pela amizade, pelos valiosos esclarecimentos e grandioso exemplo;

Ao aluno de Mestrado em Zootecnia Flávio dos Santos Marques pelo suporte estatístico e como noivo, pelo apoio incondicional, paciência e amor;

Ao aluno Thiago Ornelas, do Laboratório de Tribologia pelo precioso apoio e suporte técnico;

À FAPEMIG e CNPq pelo incentivo acadêmico e financeiro;

Aos alunos de Pós-graduação do Laboratório de Visão Computacional e Robótica (VeRLab) do Departamento de Ciência da Computação, Paulo Lilles Drews Júnior e Armando Alves Neto pela cooperação e por receber o projeto;

Ao colega André Lopes, pelo apoio na fase experimental e incentivo,

Às administrações 2005-2008 e 2009-2012 da prefeitura de São Sebastião do Rio Preto, pela compreensão e apoio,

Aos muitos amigos que acreditaram, torceram e dividiram minhas alegrias e desafios,

Aos voluntários da pesquisa pela participação que viabilizou o estudo.

Talvez seja imprudente misturar ciência com espiritualidade e poesia. Mas é quase impossível conter um certo deslumbramento místico quando nos é revelada a engenhosidade contida nos alicerces desse Universo, seja na absurda simplicidade e pequenez de um átomo, seja na intrincada trama de nosso DNA. É pura poesia! Faz-nos pensar ,mesmo que ateus, hereges ou agnósticos, em uma inteligência superior por trás de tanta poesia.

Paulo Martinelli

RESUMO

O desgaste dentário é um problema que incomoda pacientes e preocupa profissionais da Odontologia pois a perda de estrutura é irreversível e os danos podem desencadear dores. Acompanhar o desgaste é imprescindível para monitorar uma possível progressão e para se planejar uma intervenção. Pesquisas multidisciplinares agregam conhecimentos e profissionais distintos podem encontrar pontos comuns ou soluções diferentes que enriquecem o processo de pesquisa científica. Os métodos de monitoramento de desgaste existentes são avaliação clínica do cirurgião-dentista, questionários, moldagens dos dentes e comparação dos modelos, registros eletrônicos (de atividades musculares, cardíaca, respiratória e cerebral). Estes métodos são muitas vezes subjetivos, dispendiosos ou de difícil execução. Conjugando esforços de áreas distintas (Engenharia Mecânica, Engenharia Metalúrgica, Ciências da Computação e Odontologia), o presente estudo foi proposto tendo como ponto de partida o estudo de BASTOS (2004), que apresentou a perfilometria 3D para estudo de desgaste dentário e foi incrementado pela elaboração de um protocolo próprio para acompanhamento de voluntários, e pelo desenvolvimento de um programa de Visão Computacional que tem como objetivo avaliar a perda de estrutura dental ao longo do tempo. A pesquisa tem como objetivo principal a análise de metodologias que possam contribuir para definição, identificação, monitoramento e manejo do bruxismo e a perda dentária resultante. Em 2004, BASTOS sugeriu a validação estatística para o uso das réplicas. No presente estudo, a técnica de obtenção de modelos foi aprimorada, a etapa de validação foi realizada e um novo material foi testado e aprovado para este fim. O protocolo foi aplicado a 17 voluntários por um ano e seis meses em três avaliações, os resultados sugerem progressão e apontam alguns tópicos que devem ser contemplados numa avaliação de pacientes. Um programa de Visão foi desenvolvido por estudantes de Pós-graduação do Laboratório de Visão Computacional e Robótica (VeRLab) do Departamento de Ciência da Computação, onde as entradas são imagens fotográficas (de uso comum) para capacitar a caracterização de níveis de desgaste dental de forma automática. Esta parte do estudo se encontra em fase de aprimoramento mas uma análise inicial revela resultados motivadores e apontam novas perspectivas para o problema do desgaste dentário.

ABSTRACT

A relevant problem for Dentistry professionals and patients is the question of dental wear. The loss of structural material is irreversible and the damage can lead to pain. A follow up of the wear evolution is required to monitor a possible progression and to plan intervention. Multidisciplinary research gather information and professionals from different backgrounds can bring together different perspectives and solutions that contribute to the process of scientific research. The existing methods to monitor wear are clinical evaluation, questionnaires, impressions followed by comparison of the replicas and electronic measurements of muscular activity. These methods are mostly subjective, expensive or of difficult execution. The present work is based on a previous work (BASTOS, 2004) where a 3D profilometry was presented as a starting point to the study of dental wear. The study was complemented by the preparation and application of a protocol to monitor a group of patients. It was developed as well a computer vision software to follow tooth wear through the time. The main objective of the study is the analysis of methods to define, identify, monitor and treat bruxism and the resulting dental wear. In 2004, BASTOS suggested the use of replicas to follow dental material loss; in the present work the technique for preparing the replicas was perfected, a validation study was performed and a new material was tested and approved for this purpose. The protocol was applied to 17 volunteers during a period of 18 months in three evaluations. A program of Computer Vision was developed by students from post graduation of Computation Vision and Robotics where the input were pictures that were treated to reveals levels of dental grinding automaticly. This part of the study is in process but a initial analisys shows motivating results and leads to new perspectives to the problem of dental wear.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1) Objetivos.....	15
2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	16
2.1) Anatomia das estruturas que podem ser afetadas pelo bruxismo.....	17
2.1.1) Musculatura.....	17
2.1.2) ATM (articulação temporomandibular).....	17
2.2) Oclusão.....	18
2.3) O Dente.....	19
2.4) Anatomia de Caninos e Pré-Molares.....	21
2.4.1) Anatomia de Caninos.....	21
2.4.2) Anatomia de Pré-Molares.....	21
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	22
3.1) Introdução.....	22
3.2) Desgaste Dentário.....	22
3.3) Bruxismo.....	24
3.4) Obtenção de Modelos.....	26
3.4.1) Moldagem com Silicona de Adição.....	26
3.4.2) Resina Composta de Baixa Viscosidade.....	26
3.4.3) Cola Araldite® (BRASCOLA).....	27
3.4.4) Resina Acrílica.....	28
3.5) Métodos de Avaliação e Monitoramento do Bruxismo.....	28
3.6) Perfilometria.....	36
3.6.1) Parâmetros de Amplitude.....	36
3.6.2) Parâmetros Híbridos.....	36
3.6.3) Parâmetros da Curva de Distribuição.....	36
3.7) Fotografias.....	37
3.8) Visão Computacional.....	38
4 METODOLOGIA.....	40
4.1) Introdução.....	40
4.2) Obtenção de Dentes e Corte.....	41
4.3) Técnica de Moldagem.....	42
4.4) Vazamento com Resina.....	43

4.5) Perfilometria.....	44
4.5.1) Parâmetros.....	45
4.5.2) Comparação.....	45
4.6) Protocolo.....	45
4.7) Visão Computacional.....	50
4.7.1) Geometria do Problema.....	50
4.7.1.1) Transformações Projetivas.....	51
4.7.1.2) SIFT (Scale Invariant Feature Transform).....	52
4.7.2) Identificação do Desgaste.....	54
4.7.4) Cálculo do Perfil do Dente.....	54
4.7.3) Segmentação de Imagens.....	55
4.8) Estimativa de Desgaste Dental.....	55
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
5.1) Resultados das Réplicas	56
5.2) Protocolo.....	57
5.3) Experimentos com Imagens.....	61
5.3.1) Experimentos com Modelos.....	62
5.3.2) Experimentos com Dentes Reais.....	66
5.3.3) Experimentos com Réplicas de Voluntários.....	71
6 CONCLUSÕES.....	74
7 TRABALHOS FUTUROS.....	75
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	76
ANEXOS	
ANEXO A “Instrumento de doação de dentes”.....	82
ANEXO B “Termo de Esclarecimento e Termo de Consentimento”.....	83
ANEXO C “Protocolo de DAVIES (2002)”.....	84
ANEXO D “Carta de Aprovação junto ao Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais”.....	87

LISTA DE FIGURAS

1 Dente com perda de estrutura devido ao desgaste causado bruxismo.....	13
2 Sintomas de colapso estrutural.....	16
3 Visualização dos músculos da face.....	17
4 Estruturas da ATM.....	18
5 O encaixe entre maxila e mandíbula.....	19
6 Esquemática das estruturas dentais.....	19
7 Superfícies dentais.....	20
8 Faces de um canino.....	21
9 Faces de um pré-molar.....	21
10 Paciente com atrição e esquematização do mecanismo de abrasão.....	22
11 Erosão e esquematização do mecanismo de desgaste triboquímico.....	23
12 Lesão de abfração.....	23
13 Apresentação comercial da Silicona de Adição.....	26
14 Apresentação comercial da Resina Acrílica.....	28
15 Modelo em gesso com áreas demarcadas.....	30
16 Classificação esquemática (A e B) de MURPHY.....	31
17 Aparelho <i>Bruxchecker</i>	32
18 Aparelho <i>BiteStrip</i> e registro do leitor.....	32
19 Imagem obtida via perfilometria	35
20 Perfil de rugosidade.....	35
21 Curva de distribuição Gaussiana.....	36
22 Peça reta, micromotor e disco diamantado.....	42
23 Dente (pré-molar) cortado em seu longo eixo.....	42
24 Amostra (dente preparado para moldagem e perfilometria).....	43
25 Dente original e modelo de resina Flow.....	44
26 Perfilômetro.....	43
27 Placa miorelaxante.....	46
28 Protocolo de desgaste.....	48
29 Transformação projetiva.....	50
30 Modelos de movimento.....	51
31 Exemplo de aplicação do SIFT.....	52
32 Gráfico de proporção de bruxismo.....	57
33 Linha de mordida.....	57
34 Progressão do desgaste no primeiro retorno.....	58
35 Progressão do desgaste no segundo retorno.....	59
36 Modelo em gesso antes do desgaste.....	60
37 Modelo em gesso depois do desgaste.....	60
38 Correspondência entre as duas imagens utilizando SIFT.....	61
39 Eliminação de <i>outliers</i> na etapa de correspondência.....	61
40 Imagem modificada com relação à primeira.....	61
41 Dente avaliado (a) imagem original.....	62
41 (b) imagem segmentada.....	62

42	Histograma dos valores de intensidade da imagem.....	62
43	Perfil d do dente segmentado.....	63
44	Comparação entre os perfis do dente antes do processo de otimização.....	63
45	Comparação entre os perfis do dente depois do processo de otimização.....	64
46	Primeira imagem de um paciente.....	64
47	Imagem do mesmo paciente seis meses depois da primeira.....	65
48	Imagem do mesmo paciente um ano e meio depois da primeira.....	65
49	Correspondência entre as duas imagens.....	66
50	Correspondência entre as duas imagens com eliminação de <i>outliers</i>	66
51	Segunda imagem transformada com relação à primeira.....	66
52	Terceira imagem transformada com relação à primeira.....	67
53	Resultado da sobreposição dos perfis.....	67
54	Primeira réplica do voluntário.....	68
55	Segunda réplica do voluntário.....	68
56	Segmentação.....	69
57	Resultado final.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala ordinal de desgaste dentário (LAVIGNE, 2005).....	29
Tabela 2: Distribuição de t de Student (SIQUEIRA, 1999).....	56
Tabela 3: Valor de t com 7 GL, alfa bicaudal 5% (2,365).....	57
Tabela 4: Resultados dos Protocolos	57
Tabela 5: Distribuição de sinais e sintomas em três períodos.....	59

1 INTRODUÇÃO

Atualmente é muito comum verificarmos nas clínicas, pacientes apresentando facetas de desgaste em dentes naturais e restaurações além de desgastadas, muitas vezes fraturadas. O desgaste dentário é, de longe, o sinal mais comum de colapso na dentição sendo a maior parte desses desgastes um resultado direto da atividade parafuncional (OKESON, 2008). O bruxismo é o hábito parafuncional de ranger ou apertar os dentes (Figura 1). Por parafunção entende-se um movimento normal a uma frequência anormal (DAVIES, 2002). Ele é considerado “cêntrico” quando se dá por apertamento e “excêntrico” quando se dá pelo ranger podendo a forma cêntrica e excêntrica ocorrer simultaneamente em alguns casos. O termo bruxismo tem suas raízes no grego “βρυχω” que significa “eu ranjo”. Em 1907, os autores franceses Marie e Pietkiewicz introduziram o neologismo *bruxomanie* (mania de ranger os dentes). Por volta de 1936, o termo foi adotado pelo dentista norte-americano Julio Endelman, e mais tarde pelo seu compatriota S.C. Miller, sob a forma de *bruxomania*. Daqui surgiu o vocábulo inglês *bruxism* (ranger os dentes), que foi adaptado ao português do Brasil, mediante a forma de **bruxismo**.



Figura 1: Dente (canino inferior) com perda de estrutura devido ao desgaste causado pelo bruxismo

Na época da Inquisição da Igreja Católica, o fenômeno foi atribuído a enfeitiçamento por bruxa, um deslocamento de energia invasora reprimida. Como tratamento, era utilizada uma incisão circular na calota craniana, para que a energia invasora fosse liberada, tal qual num poço petrolífero, no intuito de dar paz ao indivíduo.

Portanto, é um problema que há muito instiga o ser humano. Na atualidade, é uma condição muito comum e segundo BADER & LAVIGNE (2000) a maioria da população (85-90%) irá a algum momento, ranger ou apertar os dentes em algum grau.

Apesar de muitos anos de estudo, há ainda alguns aspectos dessa desordem que não foram elucidados. Pesquisadores ainda tentam definir se o fenômeno é uma entidade patológica específica ou se é uma freqüente e/ou intensa manifestação motora de uma atividade orofacial ou oromandibular (LAVIGNE *et al*, 2008).

Embora haja uma grande quantidade de estudos sobre prevalência, etiologia, efeitos e manejo do bruxismo, não há consenso ou um guia que possa ser aplicado à prática odontológica para controle do processo (KOYANO, 2008). De acordo com LAVIGNE *et al* (2008), a prevalência da parafunção é de 20% nos casos de bruxismo noturno e 10% nos episódios diurnos na população adulta.

Como consequência deste hábito podem ocorrer: perda de estrutura dentária, fratura de restaurações e reabilitações, exacerbação de distúrbios temporomandibulares, ou indução de dores de cabeça e sons provenientes do ato de ranger que podem interferir na qualidade do sono da família e de parceiros (LAVIGNE *et al* 2008) e ainda a perda de implantes dentários (LOBEZZO, 2006).

Atualmente, o bruxismo pode ser monitorado através de avaliação clínica do cirurgião-dentista, questionários, moldagens dos dentes e comparação dos modelos, registros eletrônicos (de atividades musculares, cardíaca, respiratória e cerebral). Estes métodos, contudo, são muitas vezes subjetivos ou dispendiosos para serem aplicados e ainda, segundo KOYANO (2008), não existem métodos definitivos para se avaliar o bruxismo clinicamente.

De acordo com DAVIES (2002) o monitoramento é essencial no manejo da perda da superfície dental. Monitorar envolve uma série de exames e medidas repetidas em um determinado período de tempo para visualizar se há progressão.

O problema “bruxismo” foi levantado pelo grupo de Biomecânica da UFMG em 2002, e este grupo procurou estudar o tema pelo ponto de vista da Engenharia Mecânica. Em 2004, BASTOS propôs uma metodologia baseada em estudo da textura superficial, a perfilometria, que fornece o perfil de rugosidade. Por se tratar de um problema de contato, é importante seu estudo por meio de textura superficial.

Em sua dissertação, BASTOS (2004) sugere que a partir da perfilometria pode-se criar um modelo simplificado de geometria das superfícies envolvidas e, com este modelo, realizar estudos numéricos de simulação do contato no esmalte dentário, o que foi apresentado em 2008 pela mesma autora em sua tese de doutorado. Porém, desde 2004, algumas lacunas ficaram para serem preenchidas tais como:

- validar estatisticamente o uso de réplicas em estudos de textura superficial
- aprimorar a técnica de obtenção de modelos
- analisar métodos de acompanhamento de bruxômanos

Conjugando esforços de áreas distintas (Engenharia Mecânica, Engenharia de Materiais, Ciências da Computação e Odontologia) o estudo foi proposto tendo como ponto de partida o estudo de BASTOS (2004), que levantou o problema do desgaste dentário pelo ponto de vista biomecânico e ampliou a discussão sobre as metodologias de análise do desgaste resultante do bruxismo.

Pela sua importância clínica, um protocolo foi incluído a fim de registrar e auxiliar nas avaliações de pacientes com desgaste.

Como a fotografia é um recurso adicional aos profissionais, procurou-se verificar se a utilização de imagens fotográficas poderia ser mais um método para monitorar o desgaste. Diante disso, será descrita a etapa de identificação de desgaste do dente baseada em técnicas de Visão Computacional. Nesta etapa, o objetivo é capacitar a caracterização de níveis de desgaste dental de forma automática utilizando-se imagens dos pacientes retiradas ao longo do tempo. O método utiliza como entrada de dados imagens captadas de diversos perfis dos dentes do paciente (ou imagens de moldes confeccionados a partir dos mesmos) em intervalos de tempo separados, e oferece como saída uma estimativa do desgaste ocorrido nesse intervalo.

1.1) Objetivos

A pesquisa tem como objetivo principal a análise e desenvolvimento de metodologias que possam contribuir para definição, identificação, monitoramento e manejo do bruxismo através do acompanhamento ao longo do tempo do desgaste por ele causado.

Os objetivos específicos são:

- a) testar e buscar validar procedimento experimental baseado na perfilometria de superfície de dentes extraídos de pacientes bruxômanos;
- b) testar um protocolo de acompanhamento clínico de desgaste dentário;
- c) e desenvolver metodologia para a análise computacional do desgaste pelas imagens fotográficas das réplicas.

Espera-se que o estudo possa realizar uma análise das técnicas complementares e auxiliar no estudo do desgaste no bruxismo, contribuindo assim, para o entendimento e tratamento desta patologia.

2 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

2.1) Anatomia das estruturas que podem ser afetadas pelo bruxismo

Quando um evento ultrapassa a tolerância fisiológica individual, o sistema começa a revelar certas mudanças. Quando a mudança funcional ultrapassa um nível crítico, começa a alteração dos tecidos. Este nível é conhecido como *tolerância estrutural*. Se a tolerância estrutural de qualquer componente for excedida ocorrerá um colapso (Figura 2). O local de colapso inicial pode variar de indivíduo para indivíduo. Se as estruturas mais fracas (com menor tolerância estrutural) no sistema forem os músculos, o indivíduo geralmente sofrerá sensibilidade muscular e dor durante os movimentos mandibulares. Isto é relatado como limitação de abertura da boca associada à dor. Se as articulações têmporomandibulares (ATMs) são o elo mais fraco, freqüentemente ocorre dor e sensibilidade articular. As articulações também podem produzir sons como estalidos ou crepitação. Às vezes, os músculos e as articulações toleram as mudanças, mas devido ao aumento da atividade muscular (bruxismo), o elo mais fraco pode ser tanto as estruturas de suporte dos dentes quanto os próprios dentes. Os dentes então, apresentam mobilidade ou desgaste. (OKESON, 2008)

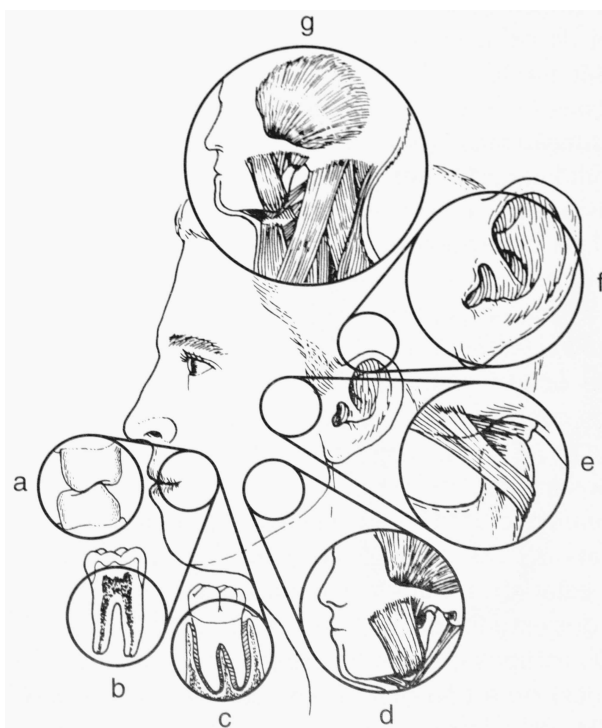


Figura 2: Sintomas de colapso estrutural: (a) desgaste dentário, (b) pulpite, (c) mobilidade dentária, (d) dor na musculatura, (e) dor na articulação temporo-mandibular, (f) dor no ouvido, (g) dor de cabeça.

Fonte: OKESON, 2008.

2.1.1) Musculatura

Muitos casos de bruxismo são associados à hipertrofia e dores musculares, principalmente os músculos masseter e o temporal (Figura 3), uma vez que estes músculos são mais solicitados durante o movimento de excentricidade pois são os principais na movimentação mandibular. A repetição e manutenção do tônus conferem aumento de volume e o esforço extra causa sensação de fadiga ao acordar. Isso porque a contração mantida por longos períodos inibe o fluxo sanguíneo normal dos tecidos musculares acarretando acúmulo dos bioprodutos do metabolismo nos tecidos musculares responsáveis pela fadiga, dor e espasmos (OKESON, 2008). E ainda, alguns bruxômanos severos apresentam mudanças no contorno da face (DAWSON, 2008). A presença destes sintomas e a ocorrência de facetas de desgaste dentário nos levam ao diagnóstico de bruxismo como fator etiológico do processo “dor orofacial” e inclusive dores de cabeça.

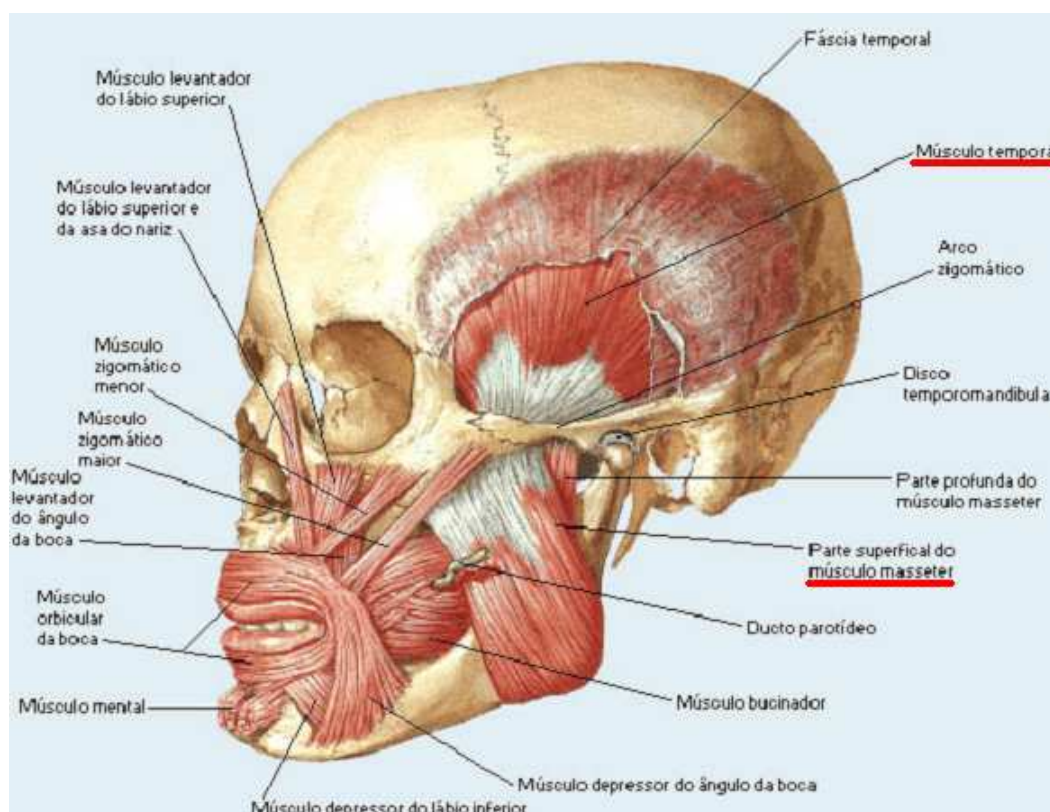


Figura 3: Visualização dos músculos da face

Fonte: <http://www.miologia.hpg.ig.com.br>

2.1.2) ATM (articulação têmporomandibular)

Esta articulação pode ser afetada pela parafunção causando achatamento no côndilo, perda gradual da convexidade da iminência condilar, inflamações, dores e estalidos. É devido à proximidade ao canal auditivo que alguns bruxômanos apresentam otites como

consequência de uma desordem da ATM. A Figura 4 apresenta uma esquematização das estruturas da ATM.



Figura 4: Estruturas da ATM
Fonte: <http://www.noergologia.com.br>

2.2) Oclusão

Oclusão é o correto engrenamento da maxila (superior) com a mandíbula (inferior) (Figura 5). Por milhares de anos, antes de o homem adquirir uma dieta mole e refinada, os alimentos abrasivos e duros eram parte do cotidiano. À medida que os contatos proximais se desgastavam e os dentes migravam pra frente, desenvolveu-se uma resposta à tensão oclusal, ou seja, um mecanismo natural de “eliminação”. Uma dieta dura fornecia o grau de desgaste para o ajuste da oclusão dentro dos limites toleráveis. Este mecanismo de deleção ainda está entre nós mas a dieta moderna não leva ao desgaste. Então, em vez de eliminar as interferências oclusais, a tendência mais freqüente é colocar os dentes em mobilidade. (DAWSON, 2008).

O apertamento repetido pode causar migração ou mobilidade em dentes com contatos prematuros (DAWSON, 2008).

KROGSTAD *et al* (1985) afirmaram que a morfologia dentofacial de alguns indivíduos com desgaste avançado é diferente dos indivíduos não bruxômanos. Esta noção é baseada na teoria de que um incremento na demanda de função como no bruxismo pode resultar em um aumento das feições craniofaciais. MENAPACE *et al* (1994) também afirmaram existir uma correlação entre morfologia dentofacial e bruxismo. A atividade parafuncional pode também destruir a estrutura dos dentes anteriores, que são essenciais para a função de “guia” para o movimento de protrusão e para a estética. YOUNG (1999) afirmou em seu estudo que não há diferença no grau de trespassse vertical entre bruxômanos e não bruxômanos. É possível que enquanto os bruxômanos tendem a diminuir o tamanho das coroas dos incisivos, o grau de trespassse vertical tende a se manter o mesmo por uma extrusão compensatória.

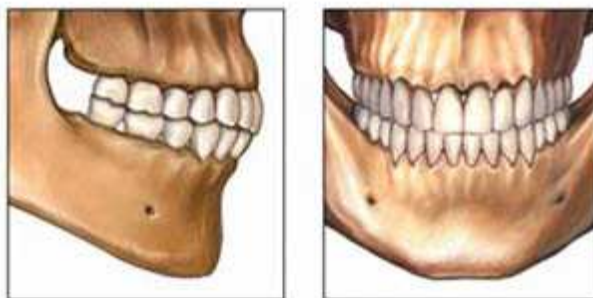


Figura 5: Encaixe dos dentes da maxila e mandíbula

Fonte: <http://www.noergologia.com.br>

2.3) O Dente

Cada dente é formado pela coroa e raiz. A coroa é revestida por esmalte e sob ele há a dentina. A seguir, uma representação esquemática das partes do dente com suas estruturas:

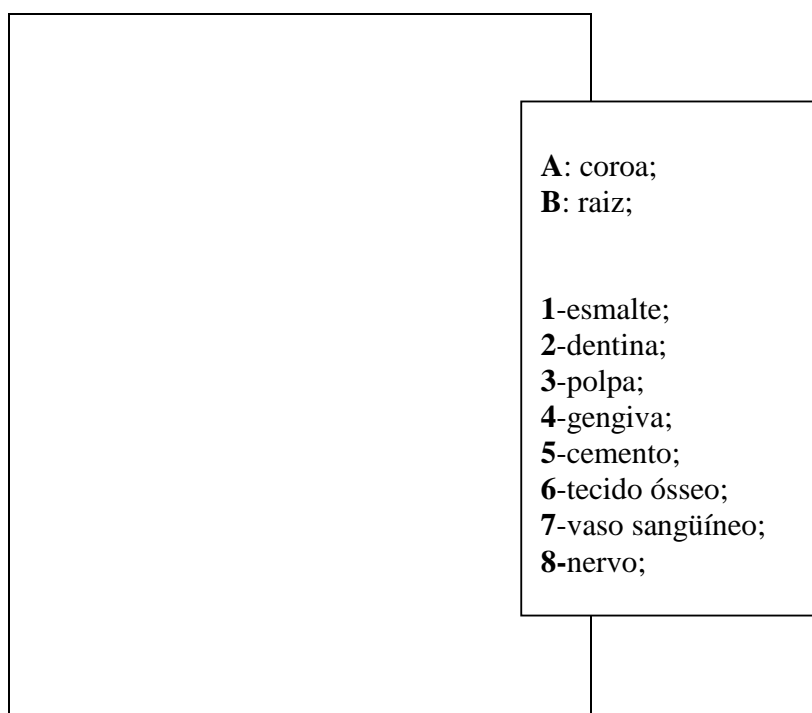


Figura 6: Esquemática das estruturas dentais

Fonte: <http://www.colgate.com>

O esmalte é o tecido humano mais duro e é composto de uma fase mineral (95-96% do peso) cerca de 1% de matéria orgânica e 3% de água. A fase mineral consiste primariamente de fosfato de cálcio na forma de cristais de hidroxiapatita que estão dispostos em formas de prismas. Os prismas de esmalte são separados por uma fina camada

de matriz orgânica e esmalte interprismático. Esta disposição confere ao dente uma textura microestrutural que é responsável pela elasticidade e dureza do tecido (HABELITZ, 2001). A dentina é menos mineralizada que o esmalte porém, mais mineralizada que o osso, devido a um número elevado de sais de cálcio. Ela protege a polpa dental e por ser mais resiliente que o esmalte, ajuda na absorção dos impactos causados por forças mastigatórias.

A polpa encerra vasos sanguíneos, nervos e tecido conjuntivo pouco espesso, com células nervosas. Estes vasos sanguíneos e fibras nervosas penetram no dente e ramificam-se.

A gengiva faz parte do tecido de sustentação, o periodonto, que é responsável por absorver impactos e manter os dentes nos ossos da maxila e mandíbula.

A raiz é recoberta por cimento (material que se assemelha muito ao osso humano pela sua composição) e este fica dentro do osso em condições fisiológicas. Ela pode ocorrer de forma única, dupla, tripla ou ainda ter 4 raízes ou mais. (JUNQUEIRA, 2008).

A coroa de cada dente possui superfícies que são:

Face cortante ou mastigadora- é a face ou superfície oclusal. Nos incisivos e caninos essa superfície é reduzida se chamando bordo ou face incisal.

Face voltada para o vestibulo- é a parte mais externa dos dentes, é a face ou superfície vestibular.

Face voltada para a cavidade bucal propriamente dita- face ou superfície palatina, nos dentes superiores e lingual nos dentes inferiores.

Face que está em contato com os dentes vizinhos- são as faces ou superfícies proximais que podem ser mesial quando estão voltadas para a linha média e distal quando estão afastados da linha média.

Há ainda detalhes anatômicos como:

Cúspides: elevações em forma de pirâmide quadrangulares características da face oclusal de pré-molares e molares.

Sulcos: depressões lineares de pouca profundidade.



em azul: face mesial;
em vermelho: face distal;
em verde: face vestibular;
em amarelo: face lingual;
em preto: sulcos.

Figura 7: Superfícies dentais
 Fonte: adaptado de <http://www.colgate.com>

2.4) Anatomia de Caninos e Pré-Molares

2.4.1) Anatomia de Caninos

Os dentes deste grupo possuem a função de cortar, apreender e dilacerar os alimentos. Sua coroa tem forma de lança e participam como guia no movimento de lateralidade da mandíbula. As facetas de desgaste se concentram na borda incisal inicialmente podendo se estender às faces vestibulares e/ou linguais dependendo da severidade do desgaste.

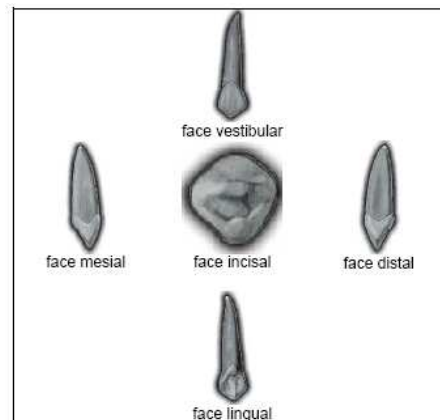


Figura 8: Faces de um canino

2.4.2) Anatomia de Pré-molares

Estes dentes executam o esmagamento e a trituração do alimento sólido em pequenas partículas auxiliando os molares na trituração. A coroa geralmente apresenta forma mais cúbica, apresentando uma superfície oclusal de onde se elevam duas cúspides: uma vestibular e outra lingual. As superfícies de desgaste geralmente se encontram nas pontas das cúspides vestibulares podendo se estender às cúspides linguais e também às faces vestibulares e linguais.

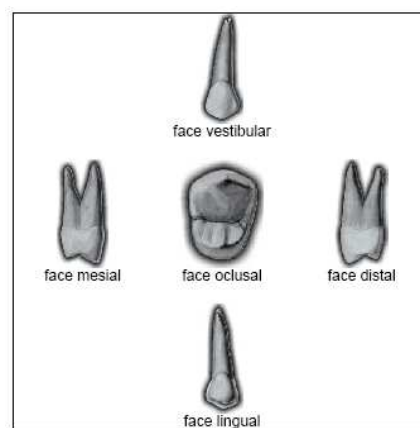


Figura 9: Faces de um pré-molar

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1) Introdução

Com objetivo de acompanhar o processo de desgaste dos dentes, uma alternativa consiste em moldar os dentes desgastados com materiais que determinem cópias fiéis das superfícies a serem estudadas e fazer o preenchimento deste molde com materiais que reproduzam a superfície. Neste estudo as superfícies dos modelos foram avaliadas através da perfilometria o que determina a utilização de materiais para confecção de modelos que não sofram ranhuras significativas pelo deslizamento da ponta do perfilômetro, como no caso do gesso odontológico.

3.2) Desgaste dentário

O termo “desgaste dentário” engloba a combinação de diferentes processos conhecidos em Odontologia pelos nomes de **abrasão**, **atrição**, **erosão** e **abfração**. Correntemente, os profissionais desta área distinguem as duas primeiras palavras em função do agente causador do desgaste.

Para a Odontologia, a **abrasão** (Figura 10) é o desgaste patológico dos dentes como resultado de hábitos anormais ou pelo uso excessivo de substâncias abrasivas em contato com os dentes. Já o desgaste fisiológico dos dentes como resultado da mastigação é denominado **atrito** (REGEZI, 2008). Acredita-se que o bruxismo seja um mecanismo compensatório muscular em caso de atrição de dentes anteriores inferiores (DAWSON, 2008) uma vez que o desgaste causado pelo bruxismo fornecerá um grau de liberdade maior para movimentações mandibulares diminuindo assim os esforços musculares locais pela melhor distribuição das tensões. Para a Engenharia, os dois processos são representativos do mecanismo de abrasão. Na Figura 10 (à direita) tem-se um esquema onde se percebe que na abrasão é necessário um contato com posterior aragem do corpo de menor resistência mecânica e a posterior formação de degraus ou debris conseqüente da remoção de material.

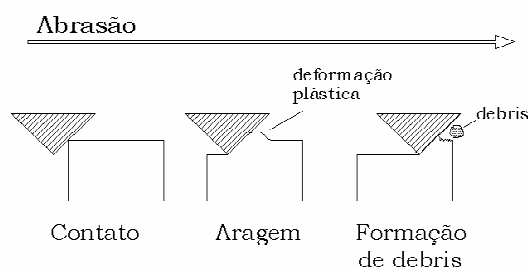


Figura 10: Imagem de paciente apresentando desgaste causado por atrito. Ao lado, esquematização do mecanismo de abrasão.

Já no caso da **erosão** (Figura 11) a Odontologia usa este termo para descrever a perda de substância dentária devido a processo químico não bacteriano. Substâncias ácidas (do próprio ambiente de trabalho, por exemplo fábrica de bateria, ou então da dieta como frutas cítricas ou bebidas de acidez elevada), refluxos de conteúdo gástrico, a bulimia, a anorexia nervosa são fatores desencadeadores (REGEZI, 2008). DAWSON (2008) acredita que a erosão é uma combinação de ácidos, abrasão e bruxismo. Em Engenharia, a erosão é definida como a destruição abrasiva de materiais pelo movimento de líquidos ou gases, enquanto que se chama de corrosão a deterioração física de um material por ataque químico ou eletroquímico. A base de cada lesão pode variar em forma, de plana a arredondada ou a fortemente angulada, e a sua ocorrência pode surgir nas faces vestibular, lingual, oclusal ou incisal (LEVITCH *et al*, 1994).

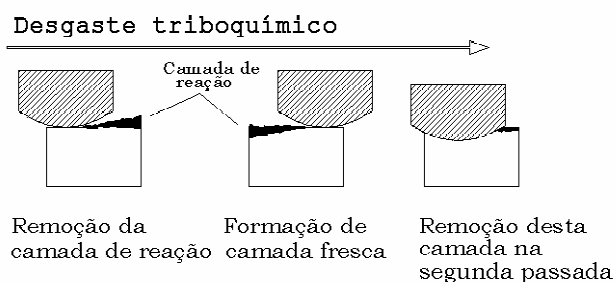


Figura 11: Erosão dentária causada pela ingestão crônica de bebida á base de cola. Ao lado, esquematização do desgaste triboquímico.

A **abfração** (Figura 12) é uma fratura dos prismas de esmalte devido á tração. Em pacientes bruxômanos ela pode ocorrer como consequência à força extra causada pela parafunção. Quando a lesão se estende e toma maiores proporções ela é denominada recessão gengival.



Figura 12: Lesão de abfração (destacada pelo círculo)

O desgaste pode ocorrer devido à fatores como função mastigatória, do tipo de comida ingerida, presença de refluxo gastrointestinal, cronologia de erupção dentária, forma do dente e posição do dente relativo á arcada como um todo (CARLSSON; JOHANSSON;

LUNDQVIST, 1985). Também podem estar envolvidos fatores intrínsecos, tais como diferenças na espessura de esmalte e dureza (MURPHY, 1959; LAVELLE, 1970). As taxas de desgaste podem depender também da direção do fator abrasivo em relação à direção estrutural e orientação dos prismas (BOYDE, 1970; POWERS; CRAIG; LUDEMA, 1973) e da ação de lubrificação da saliva.

O desgaste dos dentes é irreversível e a perda da substância não pode ser recuperada. Assim, o desgaste do dente permanente é cumulativo, mas a taxa em que ocorre pode variar durante diferentes períodos da vida (SMITH; COOPER, 1971).

O desgaste dentário começa com a produção das facetas de desgaste. Em algumas pessoas, estas começam logo quando o dente alcança o plano oclusal e então se expandem em tamanho, de forma rápida ou vagarosamente, até que a dentina seja eventualmente exposta. As cúspides diminuem e tornam-se achatadas conforme o esmalte é desgastado e a superfície de contato oclusal cresce com o tempo. Conforme a faceta de desgaste cresce em diâmetro e o número de facetas aumenta, a força oclusal por unidade de superfície se reduz e a perda de altura vertical diminui. Altas taxas de desgaste podem também ser auto-limitantes por causa da redução das tensões oclusais (LAMBRECHTS *et al*, 1989).

Uma superfície pode ter seu perfil alterado por desgaste, sendo a modificação dependente do(s) mecanismo(s) de desgaste que estiver em ação. Reciprocamente, uma vez que o perfil da superfície afeta a área real de contato, a taxa de desgaste também depende da topografia. WHITEHEAD (1997) e seu grupo sugerem que a necessidade de uma metodologia para quantificar o desgaste em dentes pode ser suprida pela combinação de perfilometria com a escolha cuidadosa dos parâmetros de descrição da textura superficial.

3.3) Bruxismo

Na seção 1, alguns aspectos do bruxismo foram abordados: definição, prevalência importância clínica. Em 3.5 serão abordados métodos de acompanhamento de bruxismo. Esta seção visa contemplar a etiologia e sua relação com o desgaste oclusal.

No geral, o bruxismo é associado a fatores periféricos como interferências oclusais, influências psicossociais como estresse e ansiedade e causas centrais como neurotransmissores. A etiologia e os mecanismos neurológicos que geram o bruxismo **ainda são incompreendidos** (KOYANO *et al*, 2008; LAVIGNE, 2000) e muitos estudos devem ser realizados para que se possa afirmar algo de concreto (LOBEZZO, 2008; KOYANO, 2008).

DAWSON (2008) defende a associação de interferências oclusais e estresse no desencadeamento no bruxismo, o autor afirma ser a interferência oclusal um fator primário no bruxismo. OKESON (2008); KOYANO *et al*, 2008; LAVIGNE, 2000; afirmam que quando essas interferências são removidas nem sempre a desordem desaparece, excluindo a correlação.

BADER & LAVIGNE (2000) e LAVIGNE & MANZINI (2000) sugerem que fatores patofisiológicos estão envolvidos na precipitação do bruxismo. Por exemplo, o bruxismo tem sido ligado a distúrbios do sono, a uma química cerebral alterada, ao uso de certos medicamentos e drogas ilícitas, fumo e consumo de álcool. RAMFJORD (1961) afirmou existir uma gama de “tensões neuróticas” na etiologia do bruxismo, neste estudo clássico, estresse e personalidade foram importantes para uma tentativa de definição do bruxismo. SERRA-NEGRA (2006), realizou um estudo com 652 crianças em idade escolar e analisou a associação entre presença de bruxismo e os níveis de estresse e traços de personalidade. Ela constatou uma associação dos episódios com o alto índice de neuroticismo (que está relacionado com irritabilidade, ansiedade e raiva) e alta responsabilidade. PIERCE *et al* (1995) realizaram um estudo com 100 pacientes bruxômanos que se auto declararam estressados no período de realização da eletromiografia. Foram analisados os registros da noite antes do estresse relatado (estresse antecipatório) e da noite seguinte (estresse corrente). Foram registradas 15 noites e, para amostra inteira, nenhuma correlação com bruxismo e estresse foi encontrada. GOULET *et al* (1993) realizaram um estudo e levantaram alguns fatores que poderiam estar relacionados com o bruxismo, dentre eles o estresse, neste estudo, os autores encontraram uma fraca correlação entre bruxismo e estresse. MAJOR *et al* (1999) fizeram uso de polisonografia, vigilância e tempo de reação, e confirmaram uma relação entre ansiedade e a parafunção. Contudo, a exata contribuição desses fatores psicológicos gera divergências (LOBEZOO, 2001); o maior problema se encontra na dificuldade operacional de estudo dos fatores psicológicos.

A influência de neurotransmissores, principalmente a dopamina, já foi embutida à causa da parafunção. Isto foi sugerido após verificarem a ocorrência de bruxismo em pacientes parkinsonianos sob terapia com L-dopa, um tipo de dopamina. Porém, em um estudo com pacientes não neurológicos foi comprovado que L-dopa não exacerba o bruxismo e a administração do neurotransmissor reduziu em 30% a frequência de episódios dos casos analisados (LOBEZOO, 1997).

LAVIGNE (1999) preconiza que, para uma perspectiva clínica, o dentista pode reconhecer o bruxismo por:

- História atual de desgaste dental ou sons confirmados por parceiros (terceiros) e;
- Detecção de facetas de desgastes anormais que não são compatíveis com o desgaste funcional.

Estes sintomas também podem ser encontrados ainda de acordo com LAVIGNE (1999):

- Dores de cabeça;
- Cansaço muscular ou fadiga ao acordar;
- Estalidos e barulhos na ATM;
- Dentes hipersensíveis;
- Hipertrofia muscular;

3.4) Obtenção de modelos

A obtenção de modelos de estudo envolve etapas de moldagem, o preparo dos modelos com estabilização em resina acrílica e o vazamento com os materiais de escolha.

3.3.1) Moldagem com Silicona de Adição



Figura 13: Apresentação comercial da silicona de adição

A silicona de adição (3M-Express) (Figura 13) reproduz satisfatoriamente a superfície (ANUSAVICE, 1998) uma vez que este material de moldagem apresenta bom escoamento, boa elasticidade e é estável; por isso os profissionais podem vaziar o molde até duas semanas após moldagem.

As siliconas por adição são freqüentemente chamadas de materiais de moldagem de polivinilsiloxano ou vinilpolisiloxano, onde a reação de polímeros se faz pelo seu grupamento terminal, constituído pelos grupos etileno ou vinil, e suas ligações cruzadas são feitas pelos grupamentos hidreto ativados por um catalisador de sal de platina. Não existe a formação de subprodutos, contanto que as proporções de vinilsilicona e silicona hídrica sejam mantidas e não haja impurezas. A técnica selecionada será abordada no capítulo 4.

3.4.2) Resina Composta de Baixa Viscosidade

As resinas compostas microhíbridas de alta fluidez (Fill Magic Flow –cor A3) são modificações nas resinas compostas de partículas pequenas e híbridas. São ativadas por luz visível, mais precisamente a azul (comprimento de onda de ~ 468 nm). Na Odontologia é um material usado em restaurações de dentes, colagem de fragmentos. As resinas compostas dentais são materiais poliméricos repletos de ligações cruzadas, reforçadas por uma dispersão de vidro, cristais ou partículas de carga orgânica e /ou pequenas fibras unidas à matriz por agentes de união silanos. Elas têm um nível de partículas reduzido para se obter uma consistência que permita que o material escoe facilmente, espalhe-se uniformemente e adapte-se intimamente (ANUSAVISE, 1998).

O tamanho de suas partículas varia de 0,6 - 1,0 μm , apresenta módulo de elasticidade de 4-8 GPa, e contração de polimerização de 3 a 5 % em volume. O menor percentual de carga as torna mais suscetíveis ao desgaste e mais solúveis, porém melhora a habilidade do clínico, na acomodação do material às cavidades dentais e, no caso, dos moldes, há um maior escoamento. Este escoamento é importante para o poder de cópia da superfície.

3.4.3) Cola Araldite® (BRASCOLA)

É um adesivo composto por dois componentes (base e catalisador) à base de resina epóxi utilizado para pequenas colagens e reparos dos mais diversos materiais. As resinas epóxi contêm um grupo epóxido - um átomo de oxigênio ligado de forma cíclica a dois átomos de carbono - na sua estrutura química. Devido á sua alta reatividade, o anel epóxi pode reagir com muitos endurecedores (BIAGINI, 2006).

A relação de mistura é de 1:1, apresenta dureza Shore “A”. Seu tempo de manuseio é de 5 minutos e tempo de cura total de 8 horas. É um material que apresenta baixa retração durante a cura, boa estabilidade dimensional, baixa absorção de umidade o que é desejável quando o objetivo é uma cópia.

3.4.4) Resina Acrílica

São materiais quimicamente ativados que são fornecidos em forma de pó e líquido, um contendo um iniciador de peróxido de benzoíla, e a outra, um ativador constituído por uma amina terciária aromática a N,N-dimetil-*p*-toluidina. Quando os dois materiais são misturados, a amina reage com o peróxido de benzoíla para formar os radicais livres e iniciar polimerização por adição (ANUSAVICE, 1998).



Figura 14: Apresentação comercial da Resina Acrílica
Fonte: <http://www.Emfal.com.Br/Quimicos>

3.5) Métodos de Avaliação e Monitoramento do Bruxismo

São meios que geram informações mais específicas sobre atividade dentária, muscular e/ou articular. Seu intuito é dizer quando ocorre o bruxismo e com que intensidade. A seleção da forma de avaliação do bruxismo irá variar de acordo com o impacto clínico que o profissional possui sobre o tratamento reabilitador e de acordo com a finalidade de um estudo científico ou epidemiológico (FAOT, 2008). Nesse contexto questionários baseados em repostas sim e não, têm sido o método mais comumente usado. A seleção do método é limitada muitas vezes pelo custo, uma vez que o método considerado mais específico e preciso de se avaliar o bruxismo constitui-se na polisonografia (LAVIGNE, 1996) que será

abordado mais adiante. A polisonografia, porém, tem como ponto negativo a pouca praticidade, o custo e a infra-estrutura necessária.

Na rotina de atendimento, o clínico, geralmente detecta o bruxismo por características clínicas, relatos de pacientes e pela observação (LAVIGNE, 2005).

CARACTERÍSTICAS CLÍNICAS:

- Rangimento de dentes ou sons relatados pelo companheiro de quarto do paciente ou pela família;
- Reclamações ou desconforto muscular, fadiga ou rigidez, dores de cabeça ocasionais;
- Presença de desgastes dentários;
- Sensibilidade dentária ao frio ou calor;
- Hipertrofia muscular;
- Sons na ATM ou travamento articular (como por exemplo redução da amplitude de abertura);
- Edentação da língua.

RELATOS DE PACIENTES DURANTE O SONO:

- Sons de ranger de dentes, usualmente relatados por outra pessoa;
- Possível trauma dentário.

Ao despertar durante o sono ou pela manhã:

- Desgaste dentário ou bordo incisal lascado;
- Hipertrofia muscular afetando a estética;
- Desconforto muscular (fadiga ou tensão), com ou sem dor;
- Dor de cabeça na região do músculo temporal;
- Rigidez articular, mobilidade reduzida ou dificuldade de mastigar alimentos no café da manhã;
- Exacerbação pela tensão/estresse diário;
- Dentes hipersensíveis a alimentos frios, líquidos ou ar (algumas vezes ao calor);
- Falhas frequentes nas restaurações dentárias.

OBSERVADOS PELO CLÍNICO:

- Desgaste dental ou fratura, facetas brilhantes nos materiais restauradores;
- Hipertrofia muscular do masseter durante apertamento voluntário;
- Músculo(s): masseter, temporal, pterigóideo e esternocleidomastóide apresentando dor à palpação digital;
- Rigidez da ATM;
- Edentação da língua;
- Personalidade tensa ou paciente hipervigilante (análise subjetiva);
- Mordida de lábios e bochechas;
- Observação polisonográfica da atividade muscular dos músculos mastigatórios com sons de rangimento dentário audíveis.

OUTROS:

- Exacerbação de doença periodontal (ainda controverso, em caso de bruxismo severo combinado á tecido periodontal de suporte comprometido);
- Redução do fluxo salivar ou xerostomia;
- Mordida dos lábios e bochechas;
- Ardência na língua com concomitantes hábitos orais.

O desgaste causado pelo bruxismo difere da atrição causada por brocas, traumas (prática de esportes, areia abrasiva de ambientes de trabalho) ou de erosão devido às causas químicas (chupar limão, refluxo gastrointestinal, vômito, bulimia).

A freqüência da parafunção é flutuante (SELLIMAN, 1995) e o desgaste também pode estar localizado em um dente, grupo pequeno de dentes ou todo um segmento (exemplo: incisivos inferiores).

Apesar de 100% dos pacientes com bruxismo apresentarem desgaste dentário, 40% daqueles são assintomáticos (HIRSCH *et al*, 2004; PERGAMALIAN, 2003). Dessa forma o desgaste por si só não pode ser considerado como diagnóstico definitivo de bruxismo noturno e os outros achados clínicos devem ser levados em consideração. Sinais e sintomas como dores musculares, dores na região da ATM, relatos de terceiros são decisivos para o diagnóstico.

LAVIGNE (2005) propôs uma escala de desgaste que é apresentada na Tabela 1:

TABELA 1: Escala Ordinal de Desgaste Dentário (LAVIGNE, 2005)

0	Sem desgaste ou presença de facetas (ponto ou área brilhante do dente)
1	Desgaste visível restrito ao esmalte, borda incisal ou ponta de cúspides lascadas
2	Desgaste visível com exposição de dentina e perda de menos ou 1/3 da coroa clínica
3	Perda superior a 1/3 mas inferior a 2/3 da coroa clínica
4	Perda superior ou igual a 2/3 da coroa clínica

LAVIGNE *et al* (2005) sugerem também que sejam anotados no arquivo do paciente:

- 1) localização do desgaste e severidade;
- 2) presença ou ausência de hipertrofia do masseter;
- 3) relato de sensibilidade dental, dor ou rigidez na palpação digital dos músculos e ATM;
- 4) Presença ou ausência de sons articulares usando a palpação pelos dedos (estalidos, crepitação da ATM);
- 5) Deslocamento articular máximo - tendo como ponto de referência o espaço entre os incisivos centrais superiores e os incisivos centrais inferiores.

JOHANSSON *et al* (1993) ranquearam o desgaste segundo sua severidade e progressão:

SEVERIDADE

0 Nenhuma faceta visível de esmalte. Morfologia incisal e oclusal intacta.

- 1 Facetas de desgaste marcadas no esmalte. Morfologia incisal e oclusal alteradas.
- 2 Desgaste na dentina. A dentina exposta na incisal oclusal ou na superfície do dente adjacente. Morfologia incisal e oclusal alterada em forma com redução da altura da coroa.
- 3 Desgaste extenso na dentina. Área maior de dentina ($>2\text{mm}^2$) exposta na incisal, oclusal ou na superfície do dente adjacente. Morfologia incisal e oclusal totalmente perdida de forma localizada ou generalizada. Perda substancial de altura da coroa.
- 4 Desgaste na dentina secundária (verificada por fotografias).

PROGRESSÃO

- 0 Nenhuma alteração definitiva nas áreas previamente registradas.
- 1 Alteração visível, como aumento das áreas de facetas, sem qualquer redução mensurável do comprimento da coroa, morfologia incisal e oclusal alterada em forma comparada com o primeiro exame.
- 2 Redução mensurável da coroa em comprimento, $< 1\text{mm}$.
- 3 Redução marcada da coroa em comprimento, $> 1\text{mm}$.

O desgaste ainda pode ser monitorado com o passar do tempo, através da impressão dos arcos dentais e os modelos de desgaste em gesso (Figura 15) analisados visualmente.

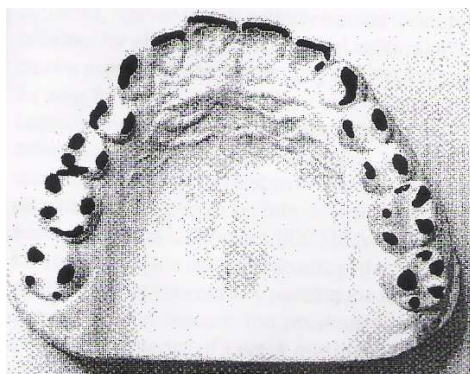


Figura 15: Modelo em gesso especial com áreas demarcadas para fins de pesquisa
Fonte: HAKETA *et al* 2004

MURPHY (1959) propôs uma classificação (Figura 16) mais quantificada dos desgastes:

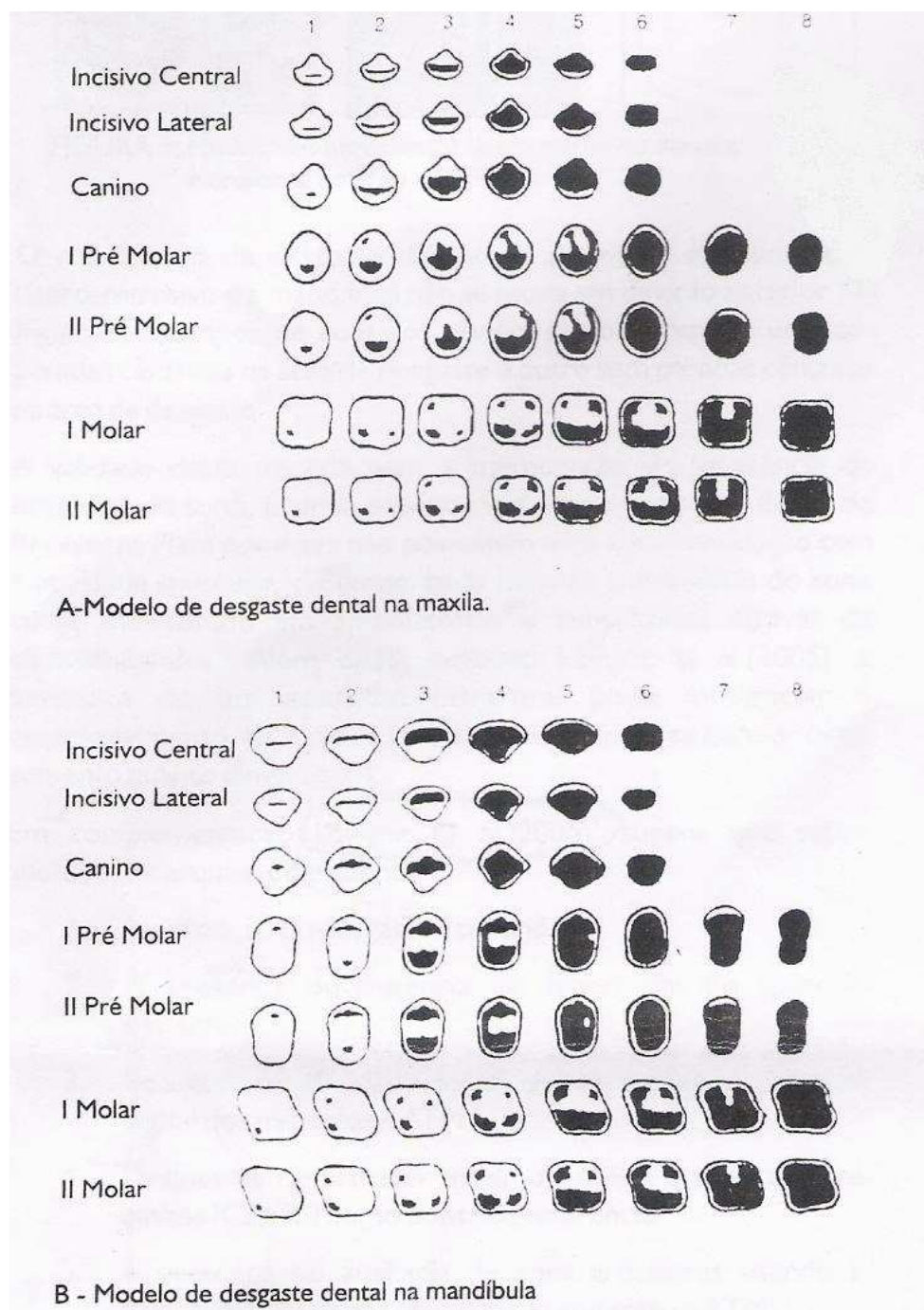


Figura 16: Classificação esquemática (A e B) do desgaste dental
Fonte: MURPHY, 1959

Há ainda no mercado aparelhos intra-orais como o *Bruxcore Plate* e o *Bruxchecker* (Figura 17) que são aparelhos para avaliação de contatos oclusais no diagnóstico do bruxismo

noturno, confeccionado a partir de lâminas de 0,1 mm de polivinil sob pressão a vácuo (SEU-DENTAL, Alemanha) previamente pintadas com tinta comestível. Assim, os pontos de contato oclusais e a direção de desgaste podem ser evidenciados durante o bruxismo como pontos esbranquiçados.

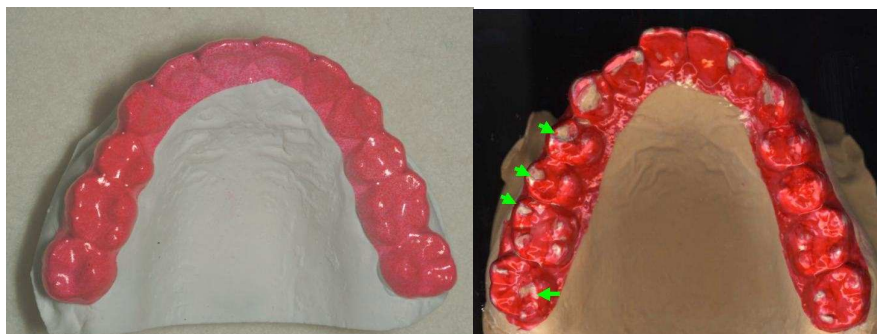


Figura 17: Aparelho *Bruxchecker*. À esquerda, antes do uso, à direita pós-uso (setas apontam áreas demarcadas pela atividade parafuncional).

Já o *Bitestrip*® (Figura 18) é um monitoramento extra oral. Ele realiza uma eletromiografia (EMG), que é o monitoramento da atividade motora, mais precisamente a gravação dos potenciais de ação das fibras musculares em contração, do músculo masseter durante o bruxismo. O dispositivo é mantido em posição durante o sono por uma fita adesiva e mede cada pico EMG em um período de seis horas se desligando automaticamente. Uma classificação representando a faixa dos episódios de bruxismo é registrada na tela eletroquímica permanentemente.

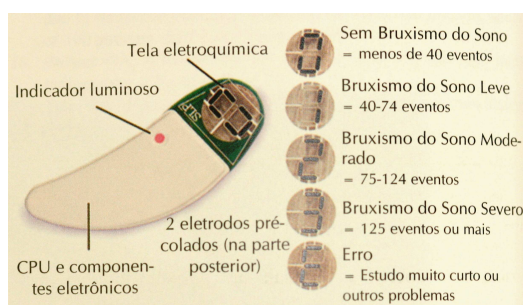
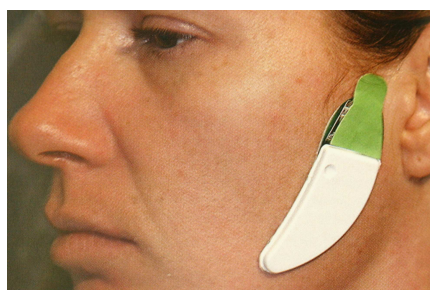


Figura 18: *BiteStrip*® em posição sobre o músculo masseter. O registro é mostrado na área da tela do *BiteStrip*® como um número que varia de 0 a 3.

Fonte: <http://www.bitestrip.com>

Existem ainda métodos ambulatoriais e laboratórios de registros do sono que são indicados para pacientes com desgastes severos e que apresentam outros distúrbios do sono (apnéia, epilepsia e mioclonias) ou ainda para ensaios clínicos. São locais especializados em estudos dos distúrbios do sono. Na polisonografia o ambiente é mais controlado e os seguintes sinais biológicos são registrados:

- EEC eletroencefalograma: registro de atividade cerebral
- EMG eletromiografia: registro de atividade muscular
- ECG eletrocardiograma: registro de atividade cardíaca
- Respiração: registro de atividade respiratória

E também se faz o registro em áudio e vídeo para identificar e quantificar as atividades mandibulares orofaciais.

O uso de réplicas para o estudo de bruxismo é evidenciado em estudos como o de LAMBRECHTS (1989) onde se moldou vinte e um pacientes, com dentições completas e sem problemas de oclusão. Neste estudo, pré-molares e molares foram moldados com silicona e as cópias negativas vazadas com cobre. As réplicas eram observadas ao microscópio que geravam imagens tridimensionais computadorizadas, estas imagens por fim forneciam a perda de estrutura. Após 4 anos a perda total média de esmalte dentário foi de 153 μm para os molares e 88 μm para os pré-molares. PINTADO (1997) também utilizou réplicas para a análise, porém optou pela perfilometria de contato onde se geravam imagens digitais das mesmas.

A técnica desenvolvida na Universidade de Minnesota (PETERS, 1999) consiste em um sistema de perfilometria que pode medir mudanças na textura superficial com uma precisão de 7 μm para ângulos de superfície menores que 60°. Réplicas precisas da superfície foram feitas usando silicona como material de impressão e Epóxi-Die ® para o vazamento. Imagens digitais foram realizadas via perfilometria. Mudanças na superfície são identificadas e medidas por comparação entre imagens “antes e depois” do desgaste usando o software computacional “AnSur” (copyright, Regents of the University of Minnesota). Para assegurar dados confiáveis é vital garantir que o processo de réplicas reproduza a rugosidade na mesma escala em que o desgaste ocorre. Por exemplo, se estamos avaliando as mudanças microscópicas ocorridas na topografia superficial, uma réplica que reproduza apenas na escala de ondulação não é eficiente.

BASTOS (2004) propôs uma metodologia para se buscar determinar os mecanismos de desgaste que ocorrem como consequência da parafunção. Baseando-se no fato de que o desgaste é um problema de contato, torna-se importante conhecer a textura superficial (a nível microscópico). Utilizando perfilometria 3D e microscopia eletrônica de varredura, foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa da superfície desgastada de três dentes. Foram utilizadas réplicas de dentes (caninos, pré-molares, molares) em Epóxi para analisar a topografia via perfilometria. Em seu estudo foi possível identificar o padrão incremental de formação do esmalte, refletido pela presença de periquimácias, e como ele é afetado pelo desgaste. Ainda, foi possível afirmar que o esmalte é bem representado por uma superfície Gaussiana e podem ser aplicados aos modelos clássicos de contato. O estudo sugere que os dados geométricos disponibilizados pela perfilometria podem criar um modelo numérico

parametrizado que simule as condições de contato das superfícies oclusais dentária, de modo a mapear e prever os mecanismos de desgaste atuantes.

Com base no protocolo de exame e acompanhamento de DAVIES (2002) -ANEXO C- e LAVIGNE *et al* (2005) -acima citado-, foi elaborado um protocolo próprio e com base nos estudos de Bastos (2004), desenvolveu-se métodos que podem ser aplicados clinicamente e métodos que possam ajudar a prever o comportamento do desgaste. O protocolo será abordado em 4.6 e o trabalho com réplicas em 4.5.

3.6) Perfilometria

A perfilometria por contato é um método muito comum de análise de topografia de superfície. Neste método, uma ponta fina é deslizada sobre a superfície e o seu deslocamento vertical é convertido em um gráfico bi-dimensional que representa o seu perfil. Na verdade, um grande número de perfis é calculado ao longo da área selecionada. Assim, uma superfície é interpolada através destes perfis gerando uma imagem tri-dimensional. Os dados obtidos são registrados como uma distribuição de alturas (picos e vales). Cada parâmetro encontrado se propõe a descrever um determinado aspecto da distribuição das alturas o que faz com que sejam necessários mais de um deles para caracterizar uma superfície, segundo MUMMERY (1992).

No caso de dentes, a superfície avaliada não é contínua. Observa-se a presença de sulcos, que separam as cúspides captadas, e também de fossas e fossetas. Torna-se imprescindível selecionar regiões contínuas de desgaste para a extração dos parâmetros de textura superficial. Na Figura 19 (a) mostra-se a área selecionada e sua localização, indicada pelo retângulo na imagem total plana.

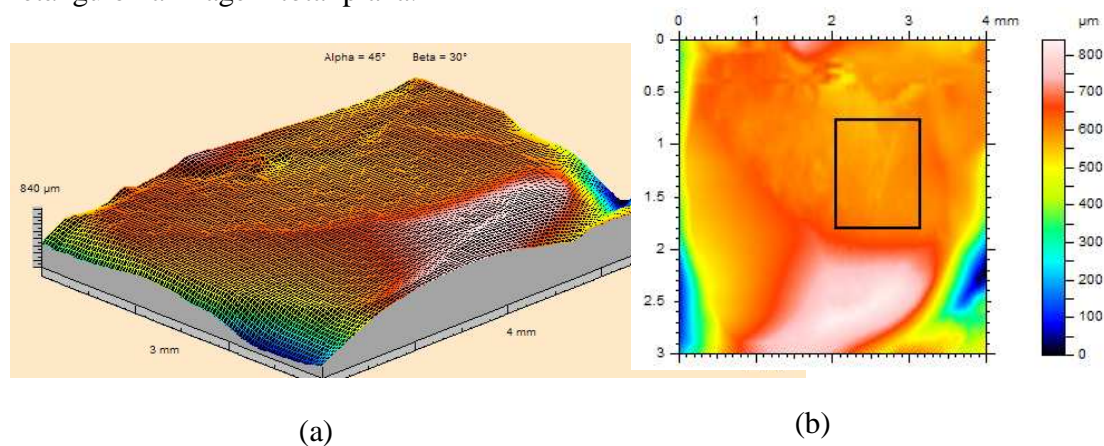


Figura 19. (a): Imagem obtida via perfilometria. (b): Seleção de área para tratamento.

Toda superfície é composta por diferentes escalas de irregularidades, que afetam de maneiras distintas suas propriedades funcionais, e pode ser decomposta em pelo menos duas escalas diferentes através do uso de um filtro de rugosidade λc . Este filtro representa

uma dimensão com a qual o comprimento de onda das irregularidades é comparado. Irregularidades de comprimentos de onda menores que λ_c , ou seja, as de pequena escala, são separadas em uma nova superfície denominada de rugosidade, enquanto que as de maior escala formarão uma nova superfície denominada de ondulação. A superposição destas duas superfícies geradas deve resultar na superfície original.

A escolha do filtro λ_c é orientada por normas técnicas, como a norma “DIN EM ISO 3274 : 1996 - Europe Standard for Surface Texture: profile method for contact (stylus) instruments”. A norma brasileira “NBR 6405 - Rugosidade das Superfícies” (para perfis 2D), estabelece que o comprimento de medição L deve ser pelo menos 5 vezes maior que o λ_c escolhido. Para varreduras tri-dimensionais considera-se, neste trabalho, que a área de medição deve ser no mínimo igual a $L \times L$. Se o tamanho da amostra é limitado, como no caso do dente humano, é o valor máximo do filtro que se restringe em função de L , ou seja, $\lambda_c \text{ máx} = L/5$. Entretanto, o limite inferior de λ_c e o valor efetivo, que de fato deve ser utilizado, dependem tão somente das propriedades funcionais que se deseja inspecionar. (BASTOS, 2008)

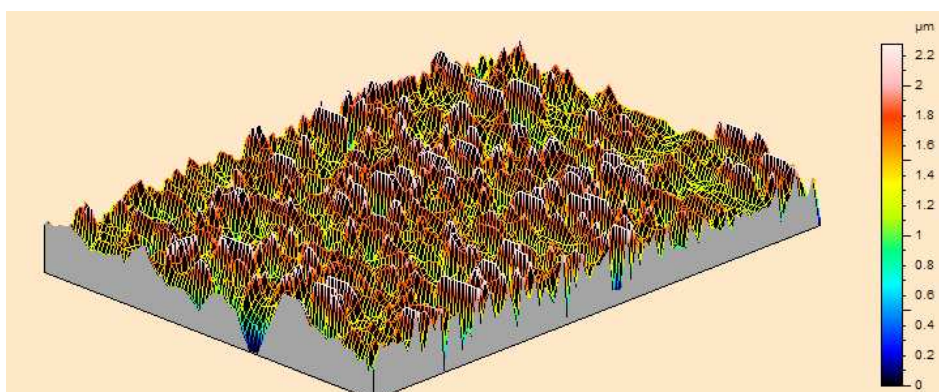


Figura 20: Perfil de rugosidade da superfície desgastada de um pré molar (notar picos e vales)

A partir do perfil de rugosidade (Figura 20), a descrição da superfície pode ser obtida em termos de um número grande de parâmetros, dentre esses cabe ressaltar os seguintes:

3.6.1) Parâmetros de amplitude

Informam sobre a dispersão das alturas das asperezas em relação ao plano médio da superfície.

Sa ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$): é um parâmetro de dispersão definido como a média aritmética dos valores absolutos da superfície acima e abaixo do plano médio.

Sq ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$): desvio médio quadrático ou padrão das alturas da superfície. É um parâmetro mais sensível a valores extremos do que Sa.

3.6.2) Parâmetros híbridos

Estes parâmetros ajudam a caracterizar a forma da superfície.

Sdq ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$): inclinação média quadrática da superfície. É encontrado dividindo o perfil em pequenos segmentos e numericamente calculando a inclinação em módulo de cada

segmento. A inclinação se dá pela tangente do ângulo formado entre o segmento e a direção horizontal. Quanto mais suave a superfície, menor será o valor de Sdq.

Ssc ($1/\mu\text{m}$): curvatura (inverso do raio) média dos picos, este parâmetro só pode ser calculado após a definição de picos. Quanto mais arredondados os picos, menor será o valor de Ssc.

3.6.3) Parâmetros da curva de distribuição

Estes parâmetros estão correlacionados com a curva de distribuição Gaussiana (Figura 21)

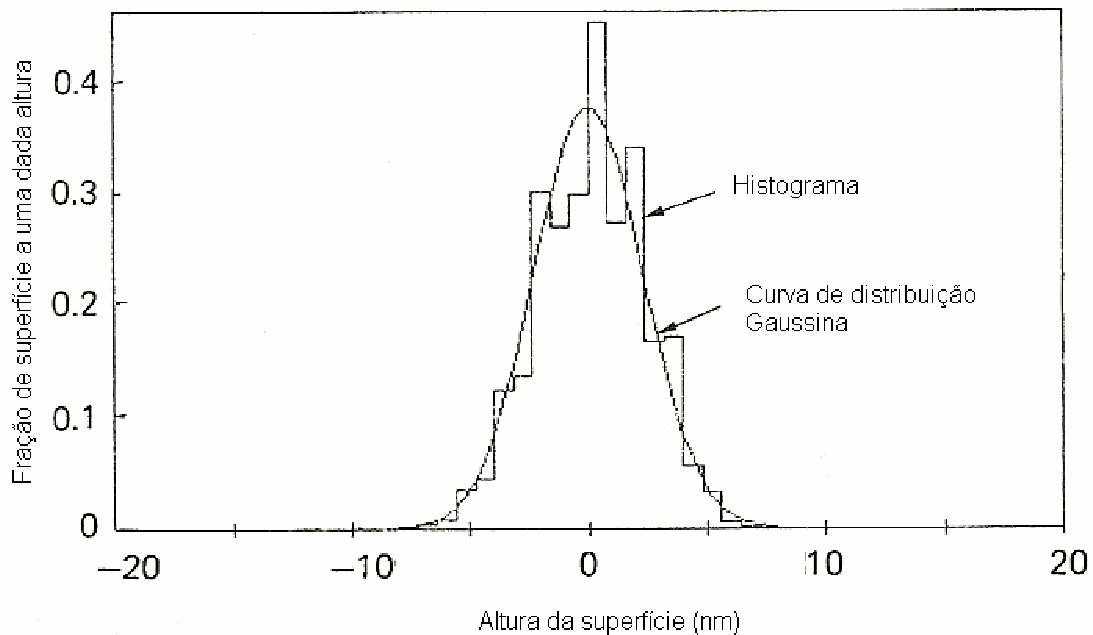


Figura 21: Curva de distribuição Gaussiana

Sku :coeficiente de curtose. Mede o espalhamento da distribuição.

Ssk coeficiente de assimetria. Este coeficiente demonstra o quanto a distribuição de alturas se afasta de uma distribuição simétrica.

Os coeficientes de assimetria e de curtose, identificam o quão próxima é a distribuição das alturas em relação a uma distribuição normal.

3.7) Fotografias

O uso e o acesso às câmeras fotográficas, de um modo geral, é maior se comparado há alguns anos atrás. A evolução de equipamentos e o surgimento de câmeras digitais auxiliaram na aquisição de imagens de boa qualidade. Os equipamentos podem assumir sofisticação como câmeras profissionais com sistemas de lentes que captam detalhes e se ajustam às mais diversas condições de luminosidade ou podem ser simples como as câmeras compactas.

O uso de fotografias em Odontologia é amplo: registros de casos clínicos, demonstrações de técnicas, materiais, planejamento de tratamento, em documentações ortodônticas e até como prova legal. (FACCIROLI, 2004).

Existe ainda a biofotogrametria (ou cinemática angular clínica) que expressa a aplicação de fotografias à obtenção de medidas, onde se deduz a dimensão dos objetos contido numa imagem de natureza fotográfica. Em Odontologia já existe aplicação dessa técnica como nos casos de disfunções temporomandibulares, onde se calcula a angulação por exemplo de abertura da boca antes e pós terapia, mensuração das proporções faciais, mensuração dos movimentos de lateralidade (PEREIRA E SOUZA, 2006).

Mas essa é uma técnica de análise quantitativa de **movimento**, baseada em sistema de **planos e ângulos**. Os programas gráficos Image Tool, Corel Draw, podem ser utilizados para análise. A fotogrametria exige que as tomadas fotográficas sejam realizadas de forma **sistematizadas e padronizadas**.

Resolução, Qualidade e Megapixel

Uma imagem digital é composta por um conjunto de pequenos pontos chamados pixels. A resolução de uma fotografia digital pode ser entendida por um conjunto de pixels e é relacionada com área de captura de imagens e registro de detalhes. O conjunto de pixels define a área da fotografia digital, quanto maior esse número, maior a quantidade de detalhes finos e maior a área de registro.

Iluminação

Uma boa iluminação é necessária para uma boa fotografia. A iluminação comum em um consultório pode não ser adequada para certos tipos de fotografia. Por exemplo, uma fotografia intra-oral de um dente posterior possivelmente vai requerer iluminação auxiliar, como um flash. Há a possibilidade de se adaptar um flash circular, também chamado de ring flash, em câmeras mais sofisticadas. Esse tipo de flash permite uma iluminação adequada sem sombras do interior da cavidade bucal.

Balanco de Branco

Em um consultório, a iluminação pode provir de diversas fontes, como a luz natural que vem da janela, luz fluorescente branca, luz amarela. Fontes de luz diferentes geram diferentes tonalidades de cor, o que influi negativamente na equivalência entre a cor que é vista pelo olho humano e aquela reproduzida pela câmera. É possível corrigir isso fazendo o correto balanço de branco (White balance) na própria câmera digital. A maioria das câmeras realiza essa operação de forma automática, mas pode ser necessário escolher uma opção de balanço fornecida pela câmera manualmente.

Iluminação auxiliar

A boca é uma fonte de sombras, a dificuldade em conseguir uma boa iluminação na cavidade oral é de conhecimento do cirurgião dentista. Como iluminação auxiliar tem-se o refletor e o flash. Entretanto, ambas as fontes luminosas têm suas contra-indicações. O refletor pode dificultar o ajuste de balanço de branco, e o flash pode causar sobre-exposição de luz.

Exposição

Exposição é a quantidade de luz que a câmera recebe quando se solta o obturador, portanto está relacionado com a abertura do obturador. A sensibilidade ISO (Índice de Exposição Recomendado) é a unidade de medida que calcula a quantidade de luz que um equipamento de captação de imagem recebe.

Sensibilidade ISO alta: grava uma imagem clara mesmo quando a foto é tirada num local escuro.

Sensibilidade ISO baixa: grava uma imagem mais suave. No entanto, quando a exposição é insuficiente, a imagem pode ficar mais escura. (SONY CORPORATION, 2007).

3.8) Visão Computacional

Nos últimos anos houve um rápido desenvolvimento da informática na Odontologia. Existem simuladores de colocação de implante dentário: programas que permitem a visualização, a repetição e predição dos resultados. Há também os programas CAD/CAM (Computer Assisted Design e Computer Assisted Manufacture) que permitem construir coroas, pontes, facetas, em cerâmica pura, sem metal, em tempo reduzido (CORREIA *et al*, 2008). YAMANY *et al* (2000) utilizaram Visão Computacional para reconstruir a mandíbula humana em 3D a partir de imagens 2D usando um programa.

A Visão Computacional (do inglês, *Computer Vision* ou *Machine Vision*) é um ramo da ciência da computação que estuda o problema de se obter informações do mundo por meio de imagens. Em outras palavras, da tecnologia por trás da visão de máquina. Pode ainda ser descrita como uma junção de métodos que permitem a construção de sistemas computacionais capazes de atuar no mundo tendo as câmeras digitais como meio principal de sensoriamento. Alguns exemplos de aplicações de Visão Computacional são o controle de processos (como robôs industriais ou veículos autônomos), detecção de eventos, organização de informação, modelagem de objetos ou ambientes e interação (atrelado à interação homem-computador), entre outras.

Alguns estágios de processamento podem ser necessários como: **cálculo geométrico**, que irá realizar o tratamento geométrico das imagens a serem comparadas para que elas se tornem equações lineares. Em seguida é necessária a **segmentação da imagem** para se obter um conjunto de pontos ou objetos com as mesmas características. O último estágio é o emprego de **método de otimização**, que proporciona a redução de erros advindos da parte de processamento da imagem. Estas etapas serão descritas mais detalhadamente no capítulo de Metodologia na Seção 4.7.

4 METODOLOGIA

4.1) Introdução

Em 3.1 foram revisadas várias metodologias que buscam acompanhar o desgaste de dentes em bruxômanos. Várias são as possibilidades de se pesquisar o bruxismo e várias são as vertentes (qualitativas, quantitativas, subjetivas) e, dentre essas possibilidades, o presente estudo objetiva avaliar técnicas que são precisas, sofisticadas com técnicas de uso rotineiro para clínicos e também propor uma metodologia que seja acessível e que simultaneamente agregue maior quantificação. (Todas as etapas do estudo estão previstas e aprovadas pelo Comitê de Ética da UFMG- ETIC 300/03- Anexo D)

O problema “bruxismo” é um tema que despertou interesse aos pesquisadores do Grupo de Biomecânica no ano de 2002 onde até o presente momento já gerou um trabalho de iniciação científica, uma dissertação e uma tese de doutorado. BASTOS (2004) propôs uma metodologia que fosse capaz de analisar a superfície de dentes desgastados pelo bruxismo.

A autora associou o problema de contato a uma ferramenta amplamente utilizada para estudos sofisticados de superfície. A perfilometria gera parâmetros em escala nanométrica e com este método espera-se que uma mudança na superfície, causada, por exemplo, pela parafunção, possa ser detectada mais precocemente. O desgaste dentário é um fenômeno dinâmico e, por isso, o estudo em um curto período de tempo se torna imprescindível. Há, no entanto, a inviabilidade de se realizar um estudo em pacientes de forma direta. O recurso de obtenção de modelos por meio de moldagens dos pacientes possibilita o ensaio e espera-se que os modelos obtidos copiem as formas do dente e detalhes da textura superficial. A metodologia foi proposta em 2004 e desde esta época, havia a necessidade de validar estatisticamente e otimizar a técnica. Isto foi, inclusive, uma sugestão de trabalhos futuros da autora.

Em 2004 o estudo foi realizado com uma quantidade pequena de dentes extraídos. Os dentes extraídos eram afixados à garra do perfilômetro com muita dificuldade o que demandava tempo. Os modelos também apresentaram a mesma dificuldade com um agravante o material vazado por muitas vezes apresentar micro bolhas, que inviabilizavam o estudo e por conseqüência, demandava outra moldagem e outro vazamento. Por isso, surgiu a necessidade de se testar materiais que apresentassem melhor manipulação. Então, em 2007, ao se planejar o presente estudo incluiu-se o teste de um material diferente para otimizar a obtenção de réplicas.

O resultado de alguns parâmetros, considerado de maior relevância, foi comparado para se verificar se havia ou não diferença estatisticamente significativa. Dois materiais não usuais em confecção de modelos foram utilizados: a resina composta de baixa viscosidade e a resina epóxi Araldite ®.

Quanto à avaliação clínica, por seu uso amplo nos casos de bruxismo, um protocolo próprio (4.6) foi desenvolvido e aplicado a 17 voluntários com base em nos estudos de DAVIES

(2002) e modificado com base nos estudos de LAVIGNE (2005). O intuito de se utilizar o protocolo foi a comparação dos métodos e o registro de sinais que podem estar associados ou não à presença de desgaste.

O método ideal, a princípio, teria que agregar acesso facilitado aos clínicos, simplicidade no manuseio e que fornecesse dados exatos da perda estrutural. Neste sentido, pensou-se num método onde se poderia utilizar fotos de dentes que sofreram desgaste para avaliar ocorrência de progressão e perda de estrutura. O uso de fotografias na verdade despertou interesse desde 2007 e foram realizadas fotos de alguns voluntários e desde o início do processo percebeu-se a necessidade de sistematização das tomadas para a quantificação com uso de imagens. Manter o mesmo ângulo, iluminação, distância entre lente e objeto são tarefas importantes para essa quantificação e ao mesmo tempo muito difíceis de se reproduzir uma vez que as tomadas fotográficas são realizadas em diferentes intervalos de tempo sob condições de iluminação que são diferentes. Angulação e distâncias entre foco e lente também se mostraram um obstáculo na padronização das fotografias sem que ocorresse prejuízo em nitidez. Diante desse obstáculo, nos meses seguintes, foram testados diversos dispositivos na tentativa de auxiliar numa padronização como régua escolar, régua endodôntica, posicionadores radiográficos, porém estes dispositivos não obtiveram êxito.

Partiu-se então numa parceria com especialistas em imagem para solucionar o problema e do Laboratório de Visão do Departamento de Ciências da Computação surgiu a solução: um programa que fosse capaz de estimar a perda de estrutura mas com uma grande vantagem, que se ajusta automaticamente permitindo pequenas variações de ângulos, iluminação. O programa desenvolvido pelos alunos de pós-graduação é capaz de captar o perfil da superfície e pela diferença da sobreposição de imagens do mesmo dente é possível calcular a diferença de área dessas imagens. Essa diferença de área permite avaliar uma perda de material.

4.2) Obtenção dos dentes e corte

No estudo de BASTOS (2004) foi sugerida uma amostra maior para verificar a possibilidade de utilização das réplicas para pesquisar textura superficial. Por isso a verificação foi realizada com 8 dentes extraídos. Estes dentes foram selecionados que foram doados pós consentimento (ANEXO A e B) e esclarecimento dos doadores (com aprovação do Comitê de Ética da UFMG- ETIC 300/03). Estes dentes foram submetidos à limpeza com álcool 70% e acondicionamento em glutaraldeído por 24 horas e congelados até sua utilização para não desidratarem. Posteriormente, estes dentes foram cortados e estabilizados em Resina Acrílica Odontológica (JET-Clássico) para posterior moldagem com Silicona de Adição (3M ESPE Express). A área de interesse de todos os 8 dentes analisados foi a superfície oclusal que continha a faceta de desgaste.

Uma das grandes dificuldades encontradas no estudo de BASTOS (2004) foi fixação da amostra (dente extraído) na garra do perfilômetro por causa da anatomia dental ser mais irregular se comparada as amostras usuais. Geralmente, as amostras submetidas ao perfilômetro são regulares, ou seja apresentam tamanho e forma definidos. Neste estudo, pensou-se no corte do dente selecionando a área de interesse (com desgaste) e a fixação

deste corte em material passível de ajustes, cortes e acabamento, sem que a área de estudo sofresse alteração.

Para se realizar o corte do dente foi utilizado um disco diamantado com o auxílio da peça reta (Figura 22).

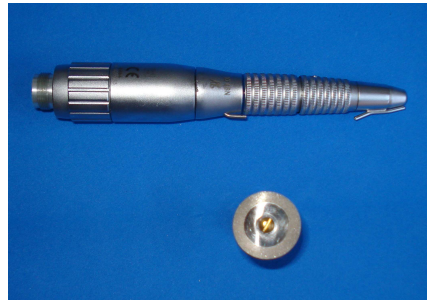


Figura 22: Peça reta, micromotor e disco diamantado

O corte foi realizado primeiro ao longo eixo do dente (Figura 23) e depois foi realizado um corte paralelo ao plano que contém a faceta de desgaste a uma distância de 4 a 5 milímetros da faceta.



Figura 23: Dente (pré-molar) cortado em seu longo eixo.

O segmento de dente foi afixado em resina acrílica com o auxílio de uma pinça clínica com o cuidado de se preservar a superfície oclusal. As bordas da amostra foram cortadas com broca *minicute* e material de acabamento para resina acrílica de uso rotineiro em Odontologia.

O corte do dente possibilitou levar para o ensaio um segmento menor e mais plano (Figura 24), facilitando o procedimento de varredura, uma vez que o braço do perfilômetro realiza um movimento linear.

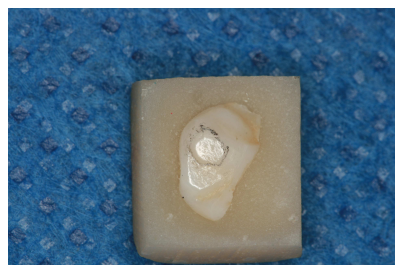


Figura 24: Amostra (dente preparado para moldagem e perfilometria)

4.3) Técnica de moldagem

Foram vazados nos moldes dois tipos de material: uma resina odontológica Flow (Fill Magic Flow cor A3) e uma resina epóxi (Araldite- cura 24 horas). Para cada dente foram feitas três réplicas de cada material para posterior análise via perfilometria (Figura 25).

Dentre os materiais odontológicos de moldagem a silicona de adição (3M –Express) foi eleita o material de moldagem do estudo por reproduzir satisfatoriamente a superfície e permitir um segundo vazamento de material de moldagem (ANUSAVICE, 1998). Optou-se pela moldagem de dois passos pelo fato de ter um manipulador. Abaixo a descrição da técnica preconizada por ANUSAVICE (1998) e pelo fabricante:

- Primeiro passo, selecionar a moldeira rígida de tamanho adequado e com parede suficiente para acomodar 2-3mm de espessura de material de moldagem.
- Com volumes iguais de pasta base e pasta catalisadora misturar até homogeneização da cor para ser colocada na moldeira.

Cuidados: A contaminação por ditiocarbamato utilizado na fabricação de algumas luvas de látex inibe a polimerização do material. Essa contaminação é tão penetrante que, apenas um toque com uma luva nas áreas a serem moldadas pode inibir a polimerização do material, essa inibição produz uma distorção importante. Por isso, antes da manipulação, as luvas foram retiradas, as mãos lavadas e secas.

- Após a presa total (cinco minutos) a amostra foi removida do molde;
- Foi realizado alívio com brocas para garantir os 2mm de espaço disponível para pasta fluida;
- Com ajuda de um dispensador a pasta fluida foi injetada no molde e este novamente assentado na amostra;
- Após a presa do material, o modelo foi removido adequadamente sem induzir tensões.

4.4) Vazamento com Resina

Foram realizados 2 (dois) vazamentos no mesmo molde, visto que o material de moldagem (silicona de adição) permite este procedimento sem perda de qualidade de cópia das estruturas.

O vazamento foi realizado uma hora após obtenção dos moldes. Inicialmente foi realizado um vazamento com resina odontológica Flow, fotopolimerizável de baixa viscosidade, e o segundo com resina epóxi, autopolimerizável. O objetivo de usar dois materiais foi avaliar a possibilidade de utilização de resina Flow onde o operador tem controle do vazamento em relação à inserção de bolhas e do tempo de trabalho, itens que dificultaram a obtenção de modelos para o estudo das réplicas em trabalhos anteriores quando se utilizou a resina epóxi (BASTOS, 2004). O gesso odontológico, de uso rotineiro não é o mais indicado para a finalidade de perfilometria, pois apresenta porosidades, facilidade de fratura que dificultam e até inviabilizam o estudo uma vez que uma ponta de diamante (usada na perfilometria) ou até mesmo a garra podem danificar o modelo e ainda, as superfícies lisas e brilhantes típicas de áreas desgastadas em dente, não são obtidas em gesso. O intuito de se

usar esses dois materiais foi o de avaliar a possibilidade de uso materiais não convencionais para o estudo da superfície desgastada pelo bruxismo.



Figura 25: modelo em resina Flow (esquerda) e dente original pré-molar (direita). A área de desgaste está demarcada.

Foi tomado o cuidado de não se aplicar camadas superiores a 2 mm de espessura a fim de otimizar a polimerização, uma vez que o aumento da espessura aumenta também a profundidade de penetração da luz e incrementos maiores que 2-3mm reduzem a conversão de monômeros exponencialmente (um fator de 10 a 100 em uma camada de 2 mm).

Como o modelo em resinas foi obtido do segmento do dente, não foi necessário seu corte. Os segmentos em resinas foram fixados em resina acrílica de forma análoga à realizada com o dente original.

4.5) Perfilometria

Sobre as faces avaliadas dos oito dentes e suas respectivas réplicas foram realizados ensaios de perfilometria 3D de contato (Hommel Tester T4000 da Hommelwerke GmbH). A varredura percorre, dentro do limite de deflexão da ponta móvel utilizada (TK600), a máxima área possível em cada amostra (Figura 26).



Figura 26: Aparelho Perfilômetro (à esquerda) e ponta TK600 (à direita)
Fonte: http://www.dees.ufmg.br/biomec/projetos/proj_Desgaste.html

Após a varredura os dados são enviados ao um computador que contém um programa específico para este ensaio, o *Mountains Map Universal*. O tratamento dos dados requer uma série de comandos ao programa que são orientados de acordo com a amostra e com normas técnicas. O primeiro passo é o comando “RESAMPLE” que dará um aumento na resolução das imagens.

Em seguida é realizada a seleção das áreas de amostragem. Neste caso, esta seleção foi feita de maneira que as áreas comparadas tivessem as mesmas dimensões, auxiliadas por comparação e referenciação.

Em seguida efetuou-se o procedimento de filtragem, utilizando o filtro λ_c de 0,05 mm, como foi preconizado por BASTOS (2008) (seção 3.6) que defendeu este tamanho de filtro dada as menores dimensões desta amostra e pela escala que se deseja trabalhar.

Após a filtragem deve-se fazer o “threshoding” que remove as amplitudes de picos e vales mais extremas. Esta etapa é importante para que os cálculos das médias utilizados nos parâmetros sejam mais fiéis.

Os parâmetros, então são extraídos.

4.5.1) Parâmetros

Escolheu-se para este estudo em particular os seguintes parâmetros:

- 1) S_a ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$): rugosidade média,
- 2) S_q ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$): desvio padrão das alturas da superfície,
- 3) S_{dq} ($\mu\text{m}/\mu\text{m}$): desvio padrão das inclinações da superfície,
- 4) S_{sc} ($1/\mu\text{m}$): desvio padrão das curvaturas dos picos das superfícies,
- 5) S_{sk} : coeficiente de assimetria da curva de distribuição de alturas em relação à média,
- 6) S_{ku} : coeficiente de curtose da curva de distribuição de alturas que caracteriza o seu achatamento ou afunilamento.

O primeiro e segundo parâmetros informam sobre a dispersão das alturas das asperezas em relação ao plano médio da superfície, enquanto que os dois seguintes ajudam a caracterizar o formato das mesmas. Já os coeficientes de assimetria e de curtose, identificam o quão próxima é a distribuição das alturas em relação a uma distribuição normal. Uma melhor descrição destes parâmetros se encontram nas seções **3.6.1**; **3.6.2**; **3.6.3**.

4.5.2) Comparação

A comparação do dente original com as médias das suas réplicas de cada material foi realizada com o teste t pareado, descrito por FISHER (SIQUEIRA, 1999; SAMPAIO, 2007). Este é um teste indicado para definir o nível de semelhança ou diferença entre amostras. Neste caso, comparamos as médias das diferenças dos parâmetros desejados onde cada parâmetro foi comparado separadamente entre os pares: dente original/cópia em resina e dente original/ cópia em epóxi. Num estudo pareado (correlacionado) o que

importa é a diferença média entre as amostras. E como se deseja verificar apenas se as médias são diferentes ou não e não estabelecer qual delas é maior ou menor, adotou-se o teste bicaudal, ou seja, um teste não direcional. O teste t pareado bicaudal é um teste rigoroso onde qualquer diferença fica evidenciada. São encontrados os valores de t para cada par dente original/cópia em resina e dente original/ cópia em epóxi e estes valores são comparados com o t tabelado (Tabela 2) de acordo com nível de significância desejado e graus de liberdade dados pelo número da amostra.

4.6) Protocolo

O protocolo desenvolvido (Figura 28) além de questionário com perguntas, cuja principal vantagem é poder ser aplicado a uma população maior, contém espaços e uma sistematização para avaliação clínica, uma vez diagnosticado o desgaste dental pelo bruxismo. Esta associação de perguntas e observações, embora mais eficiente, não é a mais executada segundo KOYANO (2008).

O protocolo de DAVIES (2002) (Anexo C) foi utilizado como base, sofrendo alterações baseadas em LAVIGNE (2005) com exceção á polisonografia. (3.7). Parte da base de registros que é fundada em DAVIES (2002) consiste em registros separados por hemiarcada de forma esquemática, semelhante ao odontograma da ficha clínica odontológica.

DAVIES (2002) reserva uma parte de seu protocolo a verificação de refluxo e hábitos dietéticos. Estes foram descartados pois o presente protocolo foi realizado para pacientes identificados bruxômanos pela associação de sinais e sintomas já citados. Outra diferença é que DAVIES (2002) faz distinção entre atrição, abfração e erosão de acordo com definição odontológica e como há divergência entre Engenharia e Odontologia sobre estas denominações o presente protocolo absteu-se de classificações.

A qualidade do sono, a presença de identações em mucosas e língua foram considerados itens importantes para sugerir uma possível evolução uma vez que o bruxismo já foi considerado um distúrbio do sono.

A população estudada foi de 17 estudantes com faixa etária entre 20 a 33 anos. A periodicidade média foi de seis meses entre cada avaliação/consulta sendo realizadas três avaliações. Destes 17 voluntários, nove indivíduos são do sexo masculino e oito do sexo feminino. O critério de exclusão foi a presença de mobilidade e/ou alterações sistêmicas e locais mais graves. Dentre os 17 voluntários, sete já haviam passado por tratamento ortodôntico. DAWSON (2008) afirma que desgastes severos podem ocorrer comumente em pacientes pós-ortodontia. Neste caso estes dentes foram mantidos em interferência funcional por um período extenso com retentor. Mesmo se a harmonia da relação cêntrica estiver ideal, o desgaste excêntrico vai ocorrer contra as vertentes dos dentes que são impedidos pelo retentor de saírem da posição de restrição e, quando isso ocorre, o desgaste é rápido e causa um dano severo em pouco tempo.

Nesta população, 100% não fazia uso de placa miorelaxante. As placas miorelaxante, ou placas estabilizadoras, (Figura 26) são dispositivos removíveis indicados para aliviar os sintomas de quem sofre com problemas decorrentes do bruxismo. A função da placa é proteger os dentes e demais componentes do sistema mastigatório durante as crises noturnas de bruxismo. Além disso, a placa ainda tem a função de reduzir a atividade de músculos elevadores da mandíbula, como masseter e temporal, diminuindo assim, a atividade tensional. Entretanto, a colocação de placas constitui-se num tratamento dos sintomas, enquanto a causa, de origem multifatorial, ainda é tema de muitas pesquisas.



Figura 27: Paciente em uso de placa miorelaxante

O tipo de bruxismo foi definido com o somatório de: análise das facetas, sintomatologia dolorosa (presença, localização), presença de estalidos, percepção do voluntário ou relato de terceiros.

PROTOCOLO PARA MONITORAMENTO CLÍNICO DO DESGASTE DENTÁRIO

Paciente:

Telefone:

Data:

Idade:

Revisão nº:

Data da última revisão:

Intervalo (meses):

Restaurações Presentes

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Dentes Afetados

X dentes ausentes

O dentes com alteração

— dente sem antagonista

Superfície dentária desgastada

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Dentina exposta

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Mobilidade acentuada

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Linhas de fratura visíveis

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Tipo de Bruxismo	Cêntrico	Excêntrico
------------------	----------	------------

Outros sinais associados

Presença de linha de mordida na bochecha?	SIM	NÃO
Utiliza a placa miorelaxante todos os dias?	SIM	NÃO
Presença de dor a palpação na musculatura mastigatória?	SIM	NÃO

A PARTIR DA 2º CONSULTA

Algum dente foi restaurado desde a 1º consulta	SIM, Qual? ____	NÃO
Sente melhora na qualidade do sono?	SIM	NÃO

Situação atual de desgaste

- Não progressiva
- Possivelmente progressiva (sem alterações visuais)
- Claramente progressiva (com alterações visuais)
- Claramente progressiva e sintomática (com sintomas visuais e sinais associados)

Figura 28: Protocolo de desgaste

4.7) Visão Computacional

A perda de estrutura dental pode ser uma conseqüência do desgaste dental. Por isso, é uma das grandes preocupações de clínicos e pacientes. A quantificação da perda é ainda feita de forma subjetiva e depende da capacidade do profissional em identificar e verificar a progressão, como visto em 3.5.

A solução para fornecer dados concretos em números reais foi sugerida com a perfilometria, porém um impasse surge com esse método: o **acesso**. A princípio, um método que fornece dados a uma escala nanométrica é um método de alto valor. No cotidiano clínico, no entanto, se torna difícil pela disponibilidade do aparelho, de custo elevado e de posse de grandes instituições como Universidades.

A seguir, será descrita a etapa de estimativa de desgaste do dente baseada em técnicas de Visão Computacional. O objetivo principal é capacitar à caracterização de níveis de desgaste dental de forma automática utilizando-se imagens dos pacientes ao longo do tempo. O método utiliza como entrada de dados apenas imagens retiradas de diversos perfis dos dentes do paciente (ou imagens de modelos confeccionados a partir dos mesmos) em intervalos de tempo separados, e oferece como saída uma estimativa do desgaste ocorrido nesse intervalo. O desenvolvimento e implementação do método foi desenvolvido junto ao Departamento de Ciência da Computação da UFMG, com a participação ativa da autora.

São três estágios que em Processamento de Imagens são definidos como *Registro de Imagem* que se inicia pelo **tratamento geométrico** das fotografias digitais a serem comparadas. Como duas imagens de um mesmo paciente são retiradas com grandes intervalos de tempo entre si, é necessária a aplicação de um método para equiparar a geometria das mesmas (as mudanças de escala ou deformações). Em seguida, o dente de interesse é selecionado manualmente e é feita a **segmentação** da imagem com o objetivo de determinar o perfil desse dente. Esse perfil representa uma função que descreve a forma do dente em um dado instante de tempo para o qual a foto foi tirada. Por fim, um método de **otimização** é empregado, permitindo a comparação entre dois perfis em diferentes intervalos de tempo, além de proporcionar a redução de erros advindos da parte de processamento da imagem.

4.7.1) Geometria do Problema

A comparação entre imagens retiradas com grande intervalo de tempo umas das outras representa uma tarefa bastante difícil, dada à sensibilidade do processo. Parâmetros como iluminação, escala e perspectiva mudam significativamente, sendo necessários equipamentos sofisticados e complicadas calibrações de luz e posição de câmera para corrigir certas discrepâncias entre as imagens. No espaço tridimensional, o movimento de uma câmera é, basicamente, o movimento de um corpo rígido, ou seja, ela realiza translação e rotação.

Para evitar a necessidade de procedimentos muito complicados no instante de aquisição das fotos dos pacientes (ou modelos), é proposto neste trabalho um método que visa igualar

geometricamente as imagens retiradas em instantes diferentes. Para isso, considera-se um modelo que descreve a relação geométrica entre duas imagens. A geometria projetiva modela a distorção geométrica que surge quando o plano é capturado por uma câmera em perspectiva. Ela modela esta imagem capturada e fornece uma representação matemática em termos de equações lineares.

Nos próximos itens, será realizada a comparação entre duas imagens I e I' . Utiliza-se o método a seguir basicamente para transformar a imagem I' , para o mesmo referencial geométrico da imagem I (ou vice-versa) de modo que ambas possam ser comparadas de forma mais robusta.

4.7.1.1) Transformações Projetivas

As transformações projetivas (GRACIAS, 2000) são importantes para a Visão Computacional por representar diferentes vistas de uma mesma cena no espaço 3D. Essas transformações são em geral modeladas por meio da função de homografia (ou transformação projetiva 2D), definida através de uma função H (SZELISKI, 1994). Esta transformação necessita de pontos que sejam correspondentes entre si nas duas imagens, ou seja, pontos nas imagens que represente o mesmo ponto na cena 3D. A figura 29 ilustra essa transformação (NEVES, 2006).

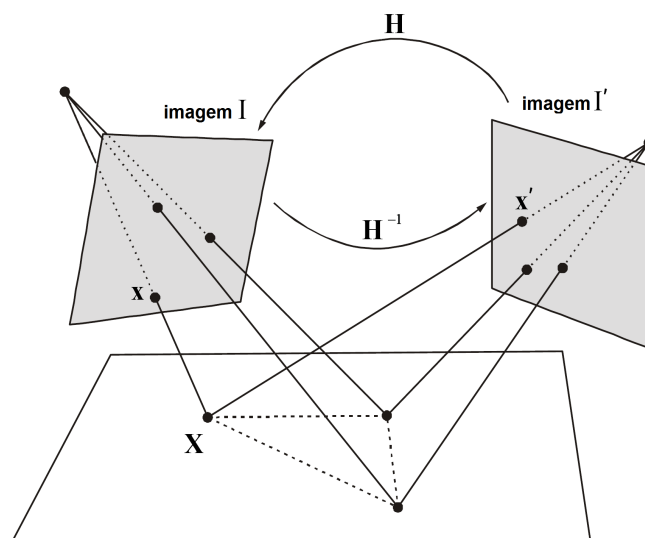


Figura 29: Transformação projetiva entre duas diferentes vistas de uma mesma cena.

Fonte: NEVES (2006)

A transformação projetiva modela diversos tipos de movimentos, como ilustra a Figura 30. Sendo o movimento de translação e rotação, conhecido como *modelo translacional ou rígido*, o modelo um pouco mais complexo, que inclui a escala é chamado como *modelo de similaridade*. O modelo com movimentos de rotação, translação, escala e cisalhamento é conhecido como *modelo afim*, mas é ainda um modelo que pode conter distorções outras como deformações genéricas e o último modelo, envolvendo todos os tipos distorções é conhecido como *modelo projetivo*.

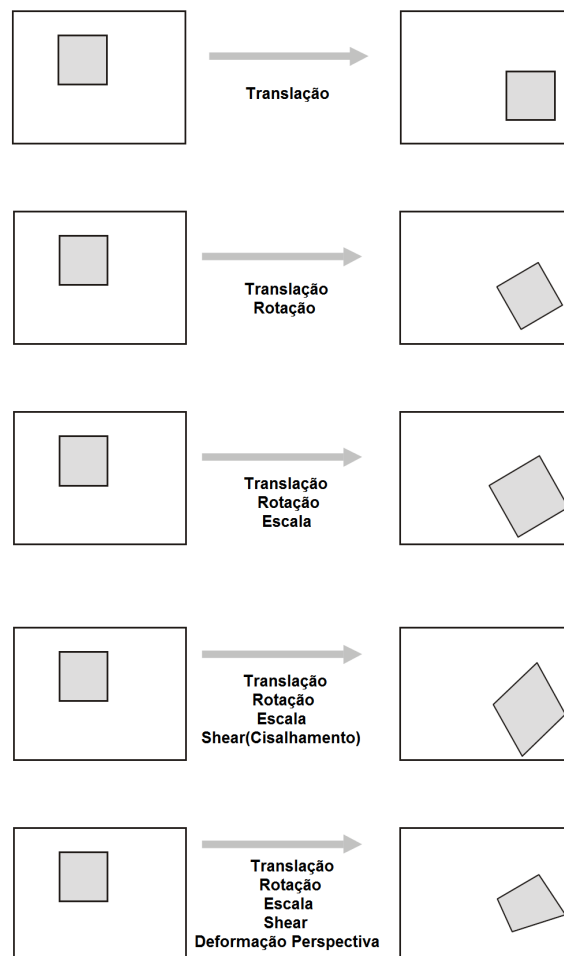


Figura 30: Modelos de movimentos
Fonte: NEVES (2006)

4.7.1.2) SIFT (Scale Invariant Feature Transform)

O Algoritmo SIFT, proposto inicialmente em 1999 por LOWE, e desenvolvido em 2004 pelo mesmo autor, tem a capacidade de extrair pontos em uma imagem, que possuem diversas propriedades que os habilitam a serem descobertos em outras imagens. O método obtém, para cada ponto encontrado, propriedades robustas a variações na imagem, tais como rotação, mudança de escala, iluminação e a pequenas variações de ponto de vista da câmera. Além disto, as propriedades obtidas dos pontos, por esse método, têm elevada robustez a ruído.

Este método gera, para cada característica ou ponto de interesse, um descritor local, ou seja, funções de características de uma determinada região de uma imagem, que podem ser utilizados para se comparar regiões em imagens diferentes. Os descritores obtidos com a técnica SIFT são altamente distintos, ou seja, um determinado ponto pode ser corretamente

encontrado, com alta probabilidade, em um banco de dados extenso com descritores de diversas imagens (LOWE, 1999).

Um aspecto importante do SIFT é a geração de um número grande de pontos de interesse que conseguem cobrir densamente uma imagem quanto a escalas e localizações. A quantidade de pontos é particularmente importante para uma estimativa mais confiável da função H . A Figura 31 apresenta um exemplo de aplicação do algoritmo, onde é possível observar os pontos correspondentes das imagens com diferentes vistas.



Figura 31: Exemplo de aplicação do SIFT
Fonte: LOWE (1999)

Algumas vezes, pode acontecer do par de pontos correspondentes, definidos na etapa anterior, não sejam o par correto (conforme observado na Figura 30), assim, o sistema deve ser capaz de identificar e remover essas falsas correlações. Uma solução bem simples se baseia no cálculo da média e do desvio padrão das distâncias euclidianas entre todos os pares de pontos, considerados correlatos. A partir dessa medida, os pontos que forem maiores que um número de desvios padrões são considerados *outliers*.

Outra solução para o problema é através da geometria epipolar. A única restrição geométrica entre dois pares de imagens não calibrados que existe é a geometria epipolar. Tal geometria é descrita em diversos trabalhos (TORR, 1997; ZHANG, 1998; SALVI, 2001).

Para a determinação da função de homografia pode-se utilizar estimadores robustos como o RANSAC (FISCHLER, 1981), o LMedS (ROUSSEEUW, 1984; STEWART, 1999), o MAPSAC (ARMANGUE, 2003; TORR, 1997; TORR, 2002), o M-Estimators (ZHANG, 1998; STEWART, 1999), o GANSAC (RODEHORST, 2006), dentre diversos outros, para realizar a remoção dos *outliers*.

Nesse trabalho foi utilizada a técnica RANSAC, que é baseada na seleção randômica de um conjunto de pontos que são usados para a remoção dos pontos supostamente incorretos. Após a aplicação deste método, é possível calcular a função homográfica H que transforma a imagem I' para a mesma vista da imagem I de maneira robusta, criando-se uma nova

imagem \hat{I} . Na seqüência, será apresentada a etapa de identificação do perfil do dente investigado, utilizada para o calculo do desgaste final.

4.7.2) Identificação do Desgaste

Uma vez tendo duas imagens com a mesma representação geométrica, I e \hat{I} , o próximo passo é a identificação do perfil do dente desgastado, o que dará uma idéia qualitativa da perda dental entre os intervalos de tempo correspondentes as imagens. Na seqüência serão apresentados os passos de segmentação da imagem, onde os pixels são classificados entre pertencentes ou não ao dente escolhido; e a determinação da função de desgaste d . Essa etapa tem com principal função a eliminação da necessidade de procedimentos muito complicados de calibração de fontes de luz, permitindo a utilização do método em ambientes não-controlados.

4.7.3) Segmentação de Imagens

No ramo da Visão Computacional, a segmentação se refere ao processo de dividir uma imagem digital em regiões representando conjunto de pixels ou objetos, com o objetivo de simplificar e/ou mudar a representação de uma imagem para facilitar a sua análise. Segmentação de imagens é tipicamente usada para localizar objetos e formas (linhas, curvas, etc) em imagens por meio de cor, textura ou característica comum.

O resultado da segmentação de imagens é um conjunto de regiões/objetos ou um conjunto de contornos extraídos da imagem. Como resultado, cada um dos pixels em uma mesma região é similar com referência a alguma característica ou propriedade computacional, tais como cor, intensidade, textura. Regiões adjacentes devem possuir diferenças significativas com respeito a mesma característica(s).

Neste trabalho, a técnica de segmentação é utilizada para classificar os pixels de parte da imagem entre pertencentes ao dente (*Dente*) e não pertencentes ao dente (*Não-Dente*). Dadas as imagens I e \hat{I} , novas imagens BI e $B\hat{I}$ são criadas. Essas imagens são representações binárias da segmentação, onde cada pixel contem valor 0 (*Não-Dente*) ou 1 (*Dente*). Inicialmente, considera-se uma imagem em tons de cinza, com valores máximos e mínimos bem definidos. O procedimento utilizado foi baseado na escolha de um limiar l de tons de cinza para o qual, cada pixel da imagem é classificado como *Não-dente* se o seu valor de intensidade é inferior a l , e é classificado como *Dente*, caso contrário. Existem métodos que permitem a escolha automática desses limiares, permitindo uma boa classificação no caso aqui estudado, onde o objeto de segmentação (o dente) tem valores de intensidade bem diferentes dos demais (como língua, gengiva e fundo da boca), mesmo considerando-se o ruído existente na imagem. Nesse caso entretanto, apenas para fins experimentais, foram escolhidos valores manualmente, analisando-se o histograma de intensidades da imagem.

4.7.4) Cálculo do Perfil do Dente

Com a imagem binária do dente que se deseja avaliar, o passo seguinte é extrair o perfil desse dente. Esse perfil nada mais é do que uma representação vetorial de dados onde cada índice do vetor representa a maior (ou menor) altura na imagem correspondente a um pixel classificado como *Dente* para cada coluna dessa imagem. Em outras palavras, para cada coluna da imagem, se o dente aponta pra cima, um índice do vetor guarda o pixel do dente mais alto. Se o dente aponta para baixo, pega-se o valor mais baixo. Assim, o perfil representa o contorno do dente na imagem em função de suas linhas e colunas.

A partir da detecção de bordas de cada uma das imagens, utiliza-se a maior borda detectada para representar as funções de desgaste d e d^{\wedge} , respectivas.

Para obter esse perfil, foi utilizado um detector de bordas para imagens. Algumas opções bem conhecidas são os detectores de Canny, Sobel, Prewitt, entre outros. O detector utilizado foi Canny. Uma vez estabelecido o perfil do dente para cada imagem que se deseja comparar o passo seguinte é estimar o desgaste desse dente ao longo dos intervalos de tempo considerados. Isso basicamente é feito a partir da diferença entre tais perfis.

4.8) Estimativa de Desgaste Dental

Por fim, os perfis calculados na etapa anterior podem ser utilizados para gerar algum tipo de estimativa do desgaste dental entre os intervalos de tempo considerados. Dados dois perfis referentes ao mesmo dente, poderia-se considerar que esses são perfeitamente equivalentes, não fosse pelo fato de que o cálculo da função de homografia é passível de erros. De fato, quanto menor o numero de pontos correspondentes considerados para o cálculo dessa função, menor a precisão da mesma, e mais erros são embutidos no processo. Por isso é preciso utilizar algum tipo de transformação sobre os perfis considerados que leve em consideração esse fato, e corrija esses possíveis erros.

Para minimizar as diferenças entre esses perfis utiliza-se um método de otimização conhecido como Método de *Levenberg–Marquardt*. Esse é um método que se mostrou uma ferramenta bastante robusta para a otimização de funções não-lineares. Neste caso específico, as funções consideradas são os perfis do dente escolhido (d). As transformações escolhidas são as do tipo *afim*, como translação, rotação, de modo que a geometria do perfil não seja alterada introduzindo erros no sistema; ainda não foi possível utilizar a transformação projetiva devido às limitações do método de otimização. Numa etapa futura melhorias nesse método estão previstas. De uma maneira menos formal, o que se deseja é escolher uma transformação que melhor ajuste o perfil da segunda imagem (d^{\wedge}) sobre a primeira (d). Assim, o método de *Levenberg–Marquardt*, minimiza a diferença entre os dois perfis, permitindo uma comparação com menos ruído.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1) Resultados das Réplicas

Foram calculados os valores de t para cada parâmetro. O valor de t foi calculado segundo Siqueira (1999) e SAMPAIO (2007), usando -se uma planilha de Excell.

Após o cálculo do t de Student deve-se consultar uma tabela (Tabela 2) que indica a ordem de grandeza que expressa o nível de significância da diferença. Neste nível de significância e com 7 graus de liberdade, o valor de t tabelado encontrado foi de 2,365 o que significa que, nestas condições, o valor de t calculado para cada parâmetro deve permanecer no intervalo de -2,365 e +2,365 (bicaudal) para que não haja diferença.

Tabela 2: Distribuição de t (Student)

Significância/ Graus de liberdade	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
01	0,158	0,325	0,510	0,727	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,657	636,619
02	0,142	0,289	0,445	0,617	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,598
03	0,137	0,277	0,424	0,584	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,541	12,924
04	0,134	0,271	0,414	0,569	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
05	0,132	0,267	0,408	0,559	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
06	0,131	0,265	0,404	0,553	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
07	0,130	0,263	0,402	0,549	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,365	3,499	5,408
08	0,130	0,262	0,399	0,546	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
09	0,129	0,261	0,398	0,543	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,129	0,260	0,397	0,542	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587

Fonte: SIQUEIRA (1999)

Na Tabela 3 os valores encontrados indicam que os valores de t calculados para cada par “dente original/ réplica em epóxi” e “dente original/ réplica em flow” de cada parâmetro desejado não diferem estatisticamente dos dentes originais a um nível de significância de 95% ao teste t de Student, dentro do intervalo de -2,365 a + 2,365 (teste bicaudal). Isso significa que se pode utilizar os modelos em resina Flow e em epóxi para se pesquisar textura superficial, o que possibilita o estudo *in vivo*, ou seja, detectar mudanças na superfície que são imperceptíveis aos outros métodos num curto período de tempo. Um ganho seria a detecção do desgaste em estado inicial sem que ocorra perda de estrutura em escala macro, outro ganho seria o estudo dos parâmetros e sua relação com os mecanismos de desgaste.

Tabela 3: valor de t 7GL, alfa bicaudal 5% = 2,365

Parâmetros	t2 epoxi	t2 resina
Sa	1,334814954	-0,360652229
Sq	0,944408645	1,5988499100
Sdq	-1,100191092	-0,217784031
Ssc	-1,619292963	-1,463721848
Ssk	-1,448656316	-2,021157939
Sku	0,212884323	0,455682724

Portanto, a metodologia baseada na utilização de réplicas aliadas à perfilometria é uma ferramenta passível de ser executada e ter essa ferramenta aliada ao estudo de desgaste dentário pode ser importante na predição do desgaste e no estudo da causa. Clinicamente o material de melhor manipulação (menor tempo de cura, ausência de bolhas e facilidade de manuseio) é sem dúvida a resina odontológica Flow. A resina epóxi apresenta uma maior incorporação de bolhas na sua manipulação. Estas bolhas por muitas vezes só são perceptíveis quando da realização da perfilometria, o que resultava em erro e necessidade de repetição de todo o processo de moldagem. O custo da resina Flow é relativamente acessível tanto para o cotidiano clínico quanto para fins de pesquisa. Futuramente espera-se que a análise de voluntários via cópias em resina Flow possa revelar o mecanismo de desgaste e uma possível tendência da parafunção. Os parâmetros de amplitude poderão por exemplo dizer se a distribuição das amplitudes é simétrica ou não, ou ainda se há alta densidade de picos ou de vales; a inclinação média poderia indicar o tipo de contato e condições de em relação á resistência ao desgaste.

5.2) Protocolo

A Tabela 4 apresenta os resultados do protocolo quanto ao número e porcentagens de restaurações, facetas e exposições dentinárias para as 3 medições sucessivas. Com esses resultados é possível verificar a distribuição das facetas, severidade com relação á exposição de dentina. A maior proporção de dentes afetados por facetas é no grupo dos caninos o que está previsto de acordo com OKESON (2008), que afirma que não existe uma tendência de bruxismo em dentes anteriores a menos que eles interfiram em movimentos do paciente.

Tabela 4: Resultados do protocolo quanto ao número e porcentagens de restaurações, facetas e exposições dentinárias.

	No. De		%				%	
			Facetas em				Exposição de dentina	
	restaurações	facetas	caninos	incisivos	pré-molares	molares	Sim	não
1ª medição	83	83	50,6	25,3	16	8,1	79,5	20,5
2ª medição	87	91	46,2	28	18	7,8	74,7	25,3
3ª medição	90	96	47	31	19	3	71,1	28,9

A Figura 32 apresenta o gráfico da proporção de bruxismo excêntrico e associação de bruxismo cêntrico e excêntrico (o cêntrico isoladamente não foi encontrado) em relação ao número total de pacientes avaliados.

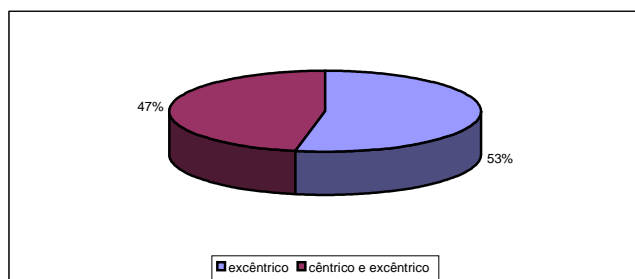


Figura 32: Proporção de bruxismo excêntrico e associação de bruxismo cêntrico e excêntrico.

Embora alguns pacientes demonstrem apenas o apertamento, é mais comum encontrar pessoas com atividade excêntrica e ainda, um evento de bruxismo médio envolve 60% da força máxima de apertamento antes da pessoa dormir (DAWSON, 2008).

O item “linhas de fratura” contemplado no protocolo obteve os seguintes resultados: foram encontradas um total de 45 trincas em dentes distintos. Destas 45 trincas, 30 eram verticais e 15 horizontais com relação ao longo eixo do dente. A propagação de trincas resulta em fratura do material, no caso do esmalte essa fratura pode ser considerada do tipo frágil, de forma semelhante à que ocorre em materiais cerâmicos, ou seja, não ocorre deformação elástica antes da ruptura de ligações. As linhas de fraturas podem ser um indício de que uma força extra está sendo provocada sobre os dentes, fato que somente pode ser comprovado somando este achado a outros sinais e sintomas.

Outro item “linha de mordida” (Figura 33) foi encontrado em 65% dos voluntários na primeira consulta. A linha de mordida ou linha alba é uma linha branca linear que coincide com a linha de oclusão dos dentes e é causada pelo trauma físico crônico de baixa intensidade derivado do ato psicológico de mastigar (PRABHU, 2007), como sua ocorrência não é fisiológica e está ligada ao “ato psicológico de mastigar” este sinal pode se somar aos outros indícios para auxiliar na detecção de parafunção.

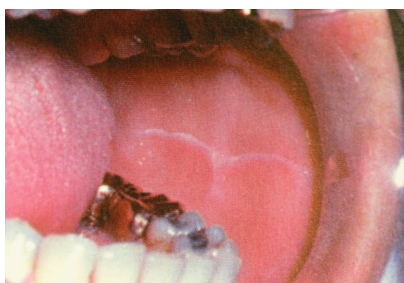


Figura 33: Linha de Mordida
Fonte: PRABHU (2007)

Avaliação de sinais e sintomas

Na primeira avaliação, 100% dos indivíduos não relataram dor à palpação. Há relato de dor ao acordar e relato de terceiros sobre ocorrência do ato de ranger dentes durante o sono. Com a segunda e terceira consulta, este número sobe, incluindo agora dor à palpação. A Tabela 5 traz uma comparação entre esses números onde se percebeu uma progressão pelo aumento do número de relatos e de sintomatologia dolorosa.

Tabela 5: Distribuição de sinais e sintomas em três períodos

Avaliações								
Primeira			Segunda			Terceira		
dor/palpação	dor ATM	relatos	dor/palpação	dor ATM	relatos	dor/palpação	dor ATM	relatos
0	02	09	07	03	04	07	05	11

Qualidade do sono

No primeiro retorno três voluntários relataram melhora na qualidade do sono dentre estas três, uma passou a fazer uso de placa miorelaxante os outros dois foram indivíduos que relataram haver restaurado algum dente.

Cinco voluntários relataram piora na qualidade do sono e onze não sentiram. Estes números sofreram alguma alteração no segundo retorno: um voluntário relatou melhora, outro relatou piora e quinze não sentiram alteração.

Isto pode ter relação com a teoria de DAWSON (2008) de que restabelecida a oclusão bem como uma harmonia muscular com a placa miorelaxante, há uma melhora nos sintomas do bruxismo e por conseqüência, uma melhora na qualidade do sono, mas os dados são insuficientes para afirmar tal relação.

Progressão do desgaste

As Figuras 34 e 35 apresentam dados referentes à progressão observados e relatados a cada um dos retornos. Deve-se notar as diferenças nos valores de indivíduos que saíram de uma condição de não progressão para claramente progressivo e sintomático.

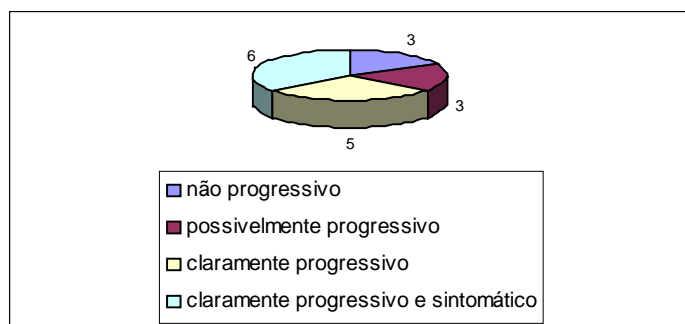


Figura 34: Progressão do desgaste no **primeiro** retorno

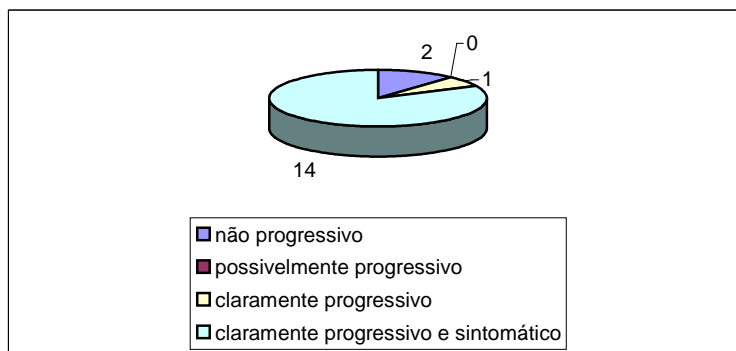


Figura 35: Progressão do desgaste no **segundo** retorno

Ao final do estudo uma questão foi levantada: na realidade, o que ocorreu foi um aumento dessa sintomatologia ou pelo fato de estarem envolvidos numa pesquisa de desgaste, os voluntários foram sugestionados e com isso somatizaram um agravo em seu estado de desgaste? E ainda, como parte da avaliação depende de respostas dos próprios voluntários será que eles passaram a se automonitorar, ou seja, praticaram uma vigilância maior, superestimada, induzida pelo fato de terem sido submetidos á uma avaliação de desgaste?

De fato, ao final do estudo, alguns voluntários relataram estar mais vigilantes sobre as questões abordadas no protocolo, mas a questão principal é: até onde isso prejudica um estudo? Como distinguir um relato “real” de uma somatização?

Mas este não é um problema exclusivo deste protocolo, analisando o estudo base (DAVIES, 2002) e estudos de autores clássicos neste tema (LAVIGNE, 2005) percebe-se que todos apresentam margem de indução. No estudo de DAVIES (2002) há inclusive um espaço para registro de qualidade vida com itens como “*o paciente está preocupado com:*” que pode levar ao paciente á associar estado de preocupação com desgaste, o que ainda é controverso (seção 3.3). LAVIGNE (2005) afirma necessidade de se registrar os relatos dos próprios pacientes.

Essa indução pode mascarar a realidade do grau de severidade e progressão que são de importância clínica para avaliação e planejamento do paciente. Mas estas inferências e questionamentos só foram possíveis de serem feitos após a aplicação do protocolo. Foi preciso testar para perceber este problema.

O protocolo é um instrumento clássico, mesmo frente a esse problema. É geralmente o ponto de partida de um clínico para o diagnóstico e controle do paciente bruxômano. Deve-se procurar desenvolver, então estratégias de abordagem e análise que deixem bem claro a distinção entre colapso da estabilidade estrutural e somatização. É uma tarefa difícil pois as normas de Comitês de Ética são claras e para se fazer pesquisas com seres humanos os voluntários são esclarecidos do que se trata a pesquisa e podem fazer perguntas sobre o projeto que estão participando, fato esse indiscutivelmente correto e ético, contudo apenas pelo fato de estarem inseridos em uma pesquisa com desgaste em bruxismo (mesmo que

essa contenha hipoteticamente um grupo controle, que não apresenta desgaste algum) os indivíduos podem ficar sugestionados e passarem a exprimir sinais e sintomas.

5.3) Experimentos com Imagens

Para se testar o método, foram utilizadas imagens a partir de um modelo em gesso de uma arcada dentária. Esse modelo foi utilizado para simular desgaste nos dentes sem a necessidade de esperar por longos períodos de tempo. Na seqüência, apresenta-se o mesmo método para imagens de dentes reais. Posteriormente, o programa foi testado com fotografias retiradas de um paciente ao longo de 18 meses.

5.3.1) Experimentos com Modelos

No experimento inicial foi utilizado um modelo em gesso especial de uma arcada dentária inferior. Inicialmente foram tomadas diversas imagens desse modelo, em diferentes perspectivas e condições de iluminação aproximadamente constantes e não controladas. Em seguida, foi simulado o desgaste do dente canino inferior esquerdo no modelo com o auxílio de uma lixa. Na seqüência, foram tomadas novas imagens deste modelo, sob vistas aproximadamente equivalentes as anteriores (mas não iguais) e em condições de iluminação também diferentes.

As Figuras 36 e 37 representam imagens retiradas do modelo antes e após o desgaste simulado como se um determinado valor de tempo houvesse passado. É possível perceber que, apesar de parecidas, possuem vistas e iluminação relativamente diferentes.



Figura 36: Primeira imagem (modelo antes do desgaste)



Figura 37: Segunda imagem (modelo após o primeiro desgaste)

Visando determinar matriz de transformação entre essas duas imagens, foram calculados pontos relacionados entre as duas imagens por meio do algoritmo SIFT, descrito anteriormente. As relações podem ser observadas na Figura 38. As linhas em azul representam os pontos correspondentes ligando as duas imagens. É possível observar que alguns desses pontos não apresentaram correspondências corretas.

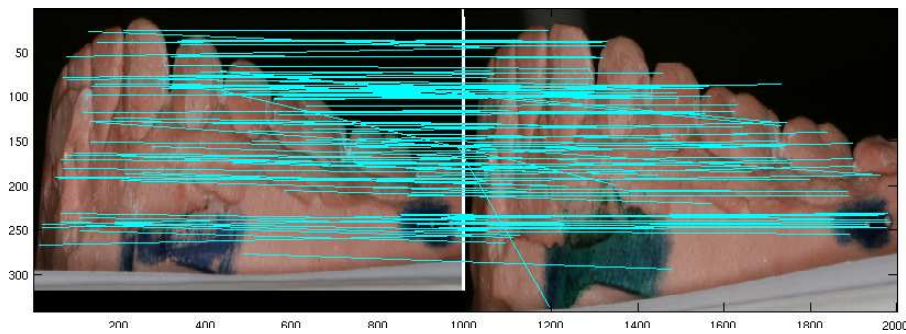


Figura 38: Correspondência entre as duas imagens utilizando SIFT

O algoritmo RANSAC foi utilizado para a eliminação dos pontos que apresentaram correlação incorreta. O resultado pode ser visto na Figura 39.

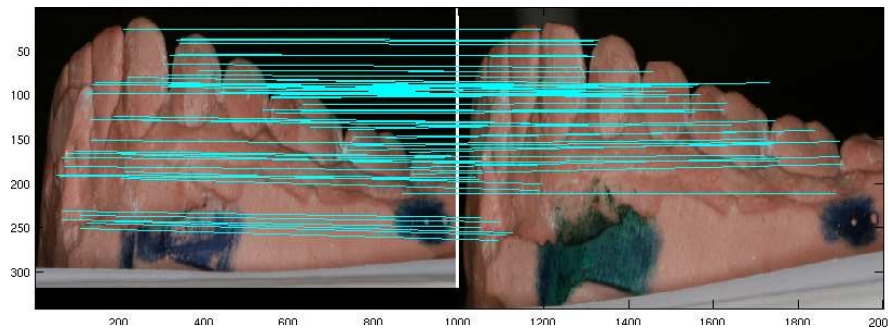


Figura 39: Eliminação de *outliers* na etapa de correspondência

Aplicando-se a transformação estabelecida pela matriz homográfica calculada a partir das duas imagens, é possível criar uma nova representação da segunda imagem (com desgaste) que apresenta uma perspectiva aproximadamente mais parecida com a primeira, como se as duas imagens tivessem sido obtidas do mesmo ângulo. O resultado é visto na Figura 40.



Figura 40: Imagem modificada da segunda imagem em função da primeira

O passo seguinte é a identificação do perfil do dente avaliado. Neste caso, primeiramente é feita uma seleção manual da parte das imagens correspondentes a esse dente. A Figura 41 (a) mostra um corte na imagem do canino inferior esquerdo do modelo da imagem sem desgaste. A partir dessa “sub-imagem” é efetuada a segmentação para determinação dos pixels correspondentes ao dente. O processo gera imagens binárias como aquela representada na Figura 41 (b) relativa a Figura 41 (a).

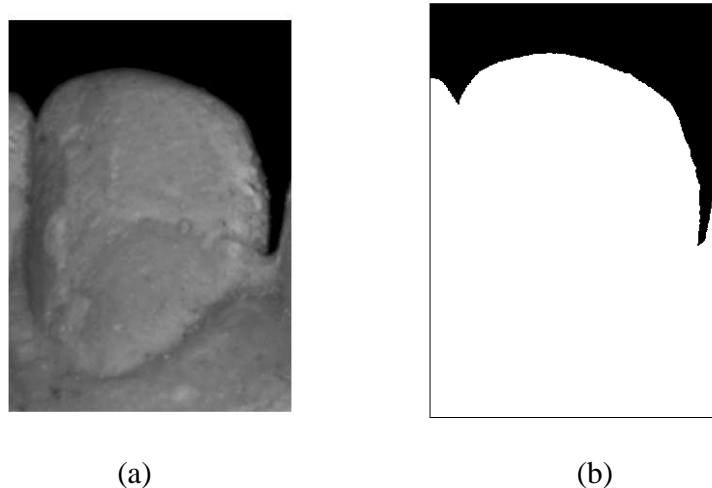


Figura 41: Dente avaliado: a) imagem original e b) imagem segmentada

O valor do limiar escolhido para a segmentação dessa imagem foi obtido com base na avaliação do histograma de intensidade. A figura 42, por exemplo, apresenta o histograma para o caso da imagem na figura 41 (a). Percebe-se uma clara distinção entre os valores do fundo da imagem (tons mais escuros) e os valores dos dentes (tons mais claros). O limiar l escolhido foi o valor 40. Todos os pixels acima desse valor foram classificados como *Dente*. Em geral, imagens de dentes reais apresentam áreas de intensidade bem distintas pelo fato de o objeto de interesse (o dente) apresentar tons bem mais claros do que os demais objetos da cena (língua, gengiva, etc.).

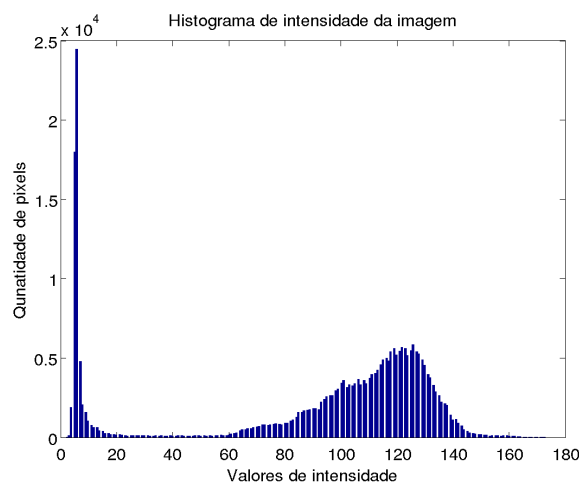


Figura 41: Histograma de valores de intensidade da imagem

A partir da imagem 41 (b), fica fácil estabelecer o perfil do dente simplesmente calculando-se a borda da imagem por algoritmos conhecidos como Canny. A Figura 43 mostra o resultado final da detecção do perfil do dente avaliado. O procedimento foi realizado para as duas imagens, com e sem desgaste.



Figura 43: Perfil d do dente segmentado

No passo final, foi estabelecida uma comparação entre as duas curvas de perfil obtidas. Conforme foi dito anteriormente, o procedimento de correção das imagens é um passo muito importante, mas não é perfeito. Conforme pode ser visualizado na Figura 44 existem algumas discrepâncias entre os dois perfis obtidos. O penúltimo passo é utilizar um processo de otimização para diminuir a diferença entre essas duas curvas.

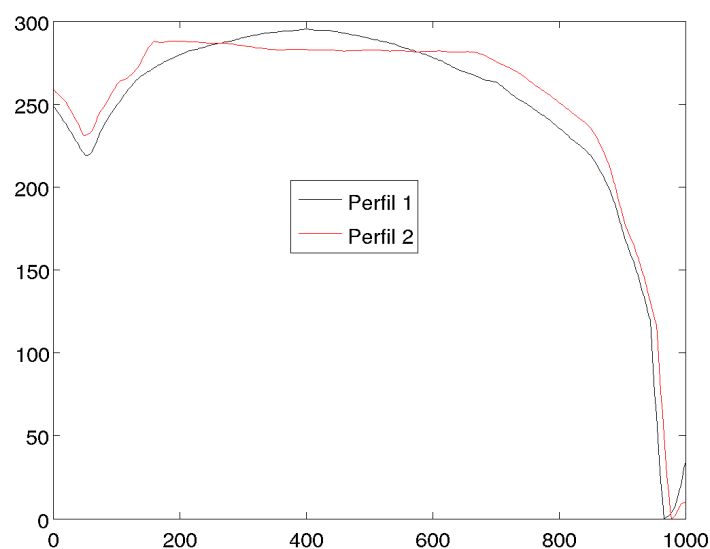


Figura 44: Comparação entre os perfis do dente antes do processo de otimização

Após o deslocamento, escala e rotação do segundo perfil em relação ao primeiro, foi obtida a Figura 45. Agora os perfis do mesmo dente em diferentes intervalos de tempo podem ser comparados diretamente, em uma escala que ainda corresponde ao número de pixels da imagem.

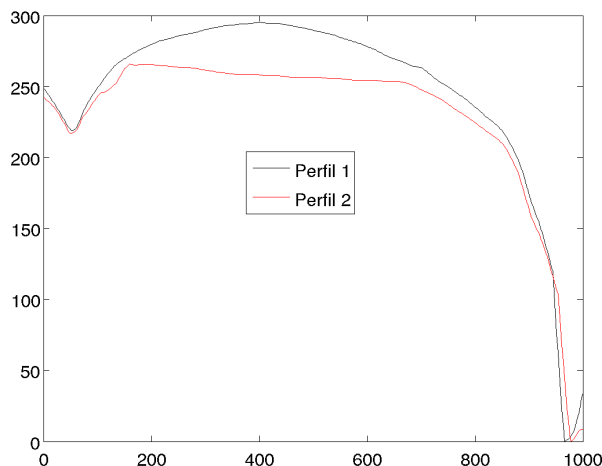


Figura 45: Comparação entre os perfis do dente depois do processo de otimização

Por fim, é necessário fazer a conversão dos valores de pixels da imagem para a dimensão de comprimento estabelecida no mundo real. Isso pode ser obtido por meio de uma calibração simples, retirando-se fotos de algum padrão métrico (uma régua, por exemplo) e medindo-se diretamente a relação pixels/milímetro (p/mm), usado para transformação a área da diferença entre os dois perfis de valores de imagem para valores métricos.

5.3.2) Experimentos com Dentes Reais

Na seqüência foram utilizadas imagens de dentes reais para testar cada passo da metodologia. O mesmo procedimento seguido anteriormente foi empregado aqui, mas dessa vez comparando três intervalos diferentes. O primeiro conjunto de imagens foi retirado destacando a parte lateral da dentição do paciente. Desse conjunto foi escolhida a imagem da Figura 46 como imagem inicial.



Figura 46: Primeira imagem de um paciente

A segunda imagem foi retirada de um segundo conjunto, tomadas em um período de seis meses após o primeiro ensaio. Essa imagem pode ser vista na Figura 47. Uma regra com marcações de baixa resolução foi introduzida, apenas para calibrar a relação pixels/milímetro da câmera utilizada.



Figura 47: Imagem do mesmo paciente seis meses depois da primeira

Foi escolhida ainda uma terceira imagem de um terceiro conjunto, tomadas a partir de um novo ensaio ocorrido cerca de doze meses após o segundo ensaio, totalizando dezoito meses de ensaios (Figura 48).



Figura 48: Imagem do mesmo paciente 1 ano e meio depois da primeira

Assim como no caso anterior foi calculada a relação entre as imagens e estabelecida uma transformação entre as mesmas. No caso, a segunda e terceira imagens foram transformadas para o referencial da primeira. As Figuras 49 e 50 mostram os pontos correspondentes, antes e depois da retirada dos *outliers*. Nesse caso específico, foi encontrado um número bem menor de pontos, o que pode comprometer o resultado final da avaliação. Entretanto observa-se que o método é aplicável a imagens de dentes reais.

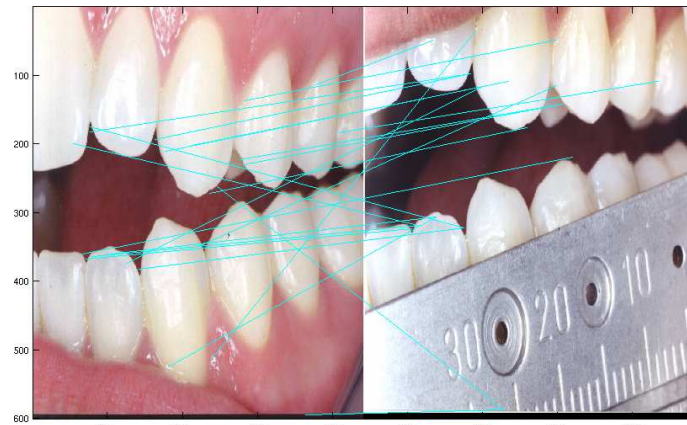


Figura 49: Correspondência entre as duas imagens

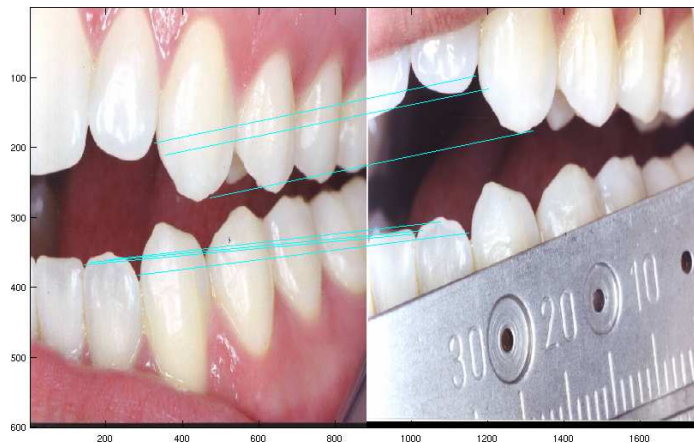


Figura 50: Correspondência entre as duas imagens com eliminação de *outliers*

As imagens transformadas são apresentadas nas Figuras 51 e 52, para a segunda e terceira imagens, respectivamente.

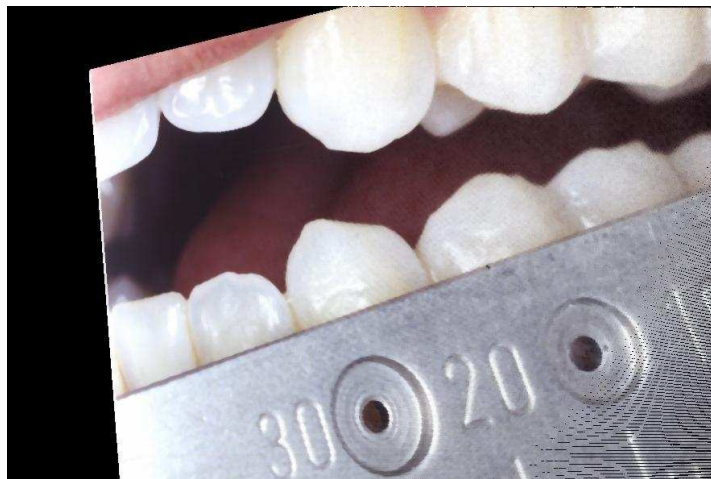


Figura 51: Segunda imagem transformada em relação a primeira



Figura 52: Terceira imagem transformada em relação a primeira

A Figura 53 apresenta o resultado final da comparação entre os perfis. Calculado-se a área de desgaste sob a diferença das curvas obteve-se os valores de $0,1 \text{ mm}^2$ da segunda imagem em relação à primeira, e de $0,18 \text{ mm}^2$ da terceira em relação à primeira. Infelizmente, dada o embutimento de ruídos ao longo da metodologia, não é possível distinguir se este dado do ruído no momento. Não é possível afirmar ainda se tal desgaste ocorreu, conforme é visto na Figura 52. Entretanto percebe-se que a técnica é aplicável, e no caso da ocorrência de desgastes mais severos, como no caso anterior, certamente uma identificação é mais passível de identificação.

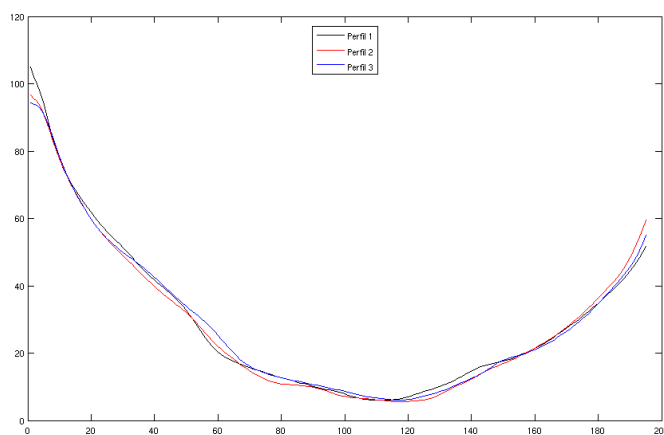


Figura 53: Resultado da sobreposição dos perfis

Este voluntário foi submetido também ao protocolo de desgaste, em seu exame inicial os dentes que apresentavam facetas eram os dentes do grupo dos caninos sendo que o canino inferior direito apresentava dentina exposta. Os caninos (tanto superior e inferior) do lado esquerdo apresentavam trincas verticais. Ele apresentou também linha de mordida bilateral. Em seu primeiro retorno, seis meses depois, ele relatou maior frequência de episódios de bruxismo noturno e ocorreu um aumento de número de trincas. Em seu segundo retorno (com mesma periodicidade), o voluntário relata dor na região do masseter de ambos os

lados quando acordava, ele afirmou também que realizava apertamento durante o dia. O canino inferior do lado esquerdo apresentou dentina exposta nesse retorno.

Esses indícios reforçam a estimativa encontrada no Programa de Visão, pelo exame clínico, o desgaste foi progressivo e sintomático, o que nos incentiva a acreditar ainda mais que a estimativa está bem próxima da realidade.

5.3.3) Experimentos com Réplicas de Voluntários

Por fim, foram realizados testes utilizando modelos de voluntários baseados nas réplicas de perfilometria a fim de verificar a possibilidade de utilização do método criado. As Figuras 54 e 55 apresentam imagens retiradas dos perfis de um único dente (canino superior direito) de um paciente, do qual se esperava avaliar o desgaste. Essas fotos representam um intervalo de tempo de aproximadamente de seis meses.



Figura 54: Primeira réplica do voluntário

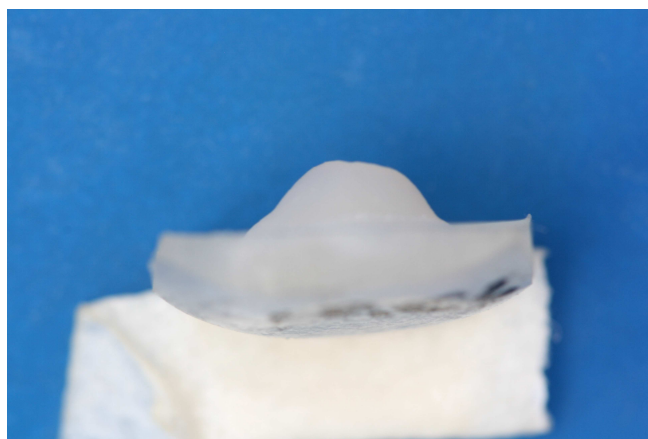


Figura 55: Segunda réplica do voluntário

Na Figura 56 é possível observar os perfis identificados para esses modelos. O fundo azul nas imagens anteriores foi introduzido apenas para facilitar o processo de segmentação das imagens.



Figura 56: Segmentação dos perfis

O resultado final com a comparação entre os perfis dos modelos (em diferença de pixels) é apresentado na Figura 57. Calculado-se a área de desgaste sob a diferença das curvas obteve-se os valores de $1,2 \text{ mm}^2$ da segunda imagem em relação à primeira. Novamente é possível observar uma diferença que possivelmente é a perda de estrutura devido ao desgaste.

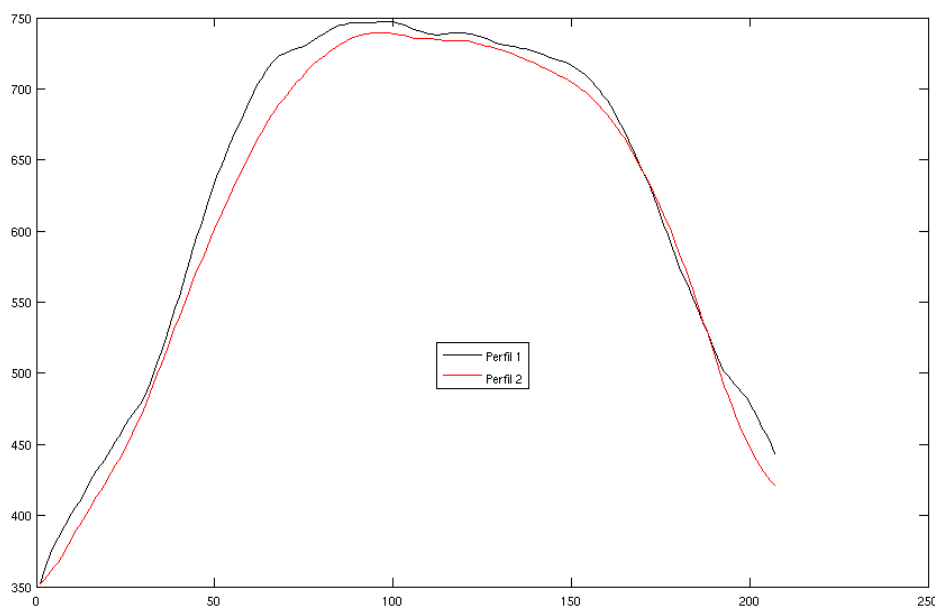


Figura 57: Resultado final

A partir dessa etapa, falta definir como os resultados obtidos serão utilizados para estimar o desgaste. Essa estimativa pode ser realizada de maneira quantitativa ou qualitativa. Esse estudo ainda encontra-se em andamento, e uma das principais necessidades é definir uma

métrica de qualidade para as estimativas geradas. Nessa fase inicial foi obtido um número reduzido de amostras para a validação estatística do método. No futuro, espera-se, com um número maior de experimentos, estimar de maneira mais precisa o desgaste.

Entretanto, os resultados preliminares se mostraram bastante promissores motivando a continuidade da pesquisa. Um ponto interessante a ser considerado é a questão do ruído gerado pelo método. Existem varias formas de se reduzir os erros gerados em cada etapa, como por exemplo, utilizar métodos de filtragem de ruídos nas imagens, aplicar métodos mais precisos de segmentação, e aumentar a resolução da imagem, entre outros.

A grande vantagem do método apresentado é que esse abre precedentes para a estimativa de desgaste de maneira automática, apenas utilizando-se imagens. Para isso, não são necessários quaisquer tipo de procedimentos complexos de calibração de iluminação e posicionamento da câmera, o que seria muito ruim dados que as imagens são obtidos com intervalos muito grandes de tempo, e em consultórios que não representam ambientes controlados de pesquisa.

Ainda no futuro seria possível utilizar esse método para estimar o volume de perda dentaria, utilizando para isso imagens tomadas de ângulos distintos de um mesmo dente.

6 CONCLUSÕES

A perfilometria se mostra um método de pesquisa sofisticado, porém de acesso mais limitado, as réplicas se mostraram capazes de reproduzir a textura superficial viabilizando o estudo *in vivo*; os protocolos de desgaste são mais usuais clinicamente e difundidos entre os profissionais de Odontologia, mas se constituem em registros mais subjetivos se comparado aos métodos citados. Uma vez que o uso de imagens e de programas computacionais é crescente em várias áreas do conhecimento o uso de fotografias e visão computacional pareceu a princípio ser uma solução acessível e fonte de dados exatos. Os estudos poderiam inclusive contribuir de maneira efetiva para a pesquisa e desenvolvimento de biomateriais.

Diante dos resultados pode-se resumir os desenvolvimentos desse trabalho como se segue:

1. A possibilidade de uso de réplicas para viabilizar o estudo de dentes humanos via perfilometria foi testada e obteve êxito;
2. o melhoramento na técnica de obtenção de modelos facilitou o uso do perfilômetro;
3. aplicaram-se protocolos próprios que delinearão uma população e que auxilia na predição de progressão do desgaste;
4. percebeu-se limitações no protocolo que podem tendenciar relatos;
5. apresentou-se e testou-se um programa de Visão Computacional que pode auxiliar efetivamente os clínicos a quantificarem a perda de estrutura dental causada pelo desgaste de maneira mais simples e menos dependente de variáveis externas;
6. discutiu-se esses métodos quanto à sua aplicabilidade e resultados;
7. ao final do estudo, percebe-se um amadurecimento do processo científico, comparando-se ao início do processo, amadurecimento este que deve ser aprimorado e exercitado de forma contínua.

7 TRABALHOS FUTUROS

Com base nos resultados obtidos, propõe-se como extensões deste trabalho as seguintes tarefas:

- Testar a metodologia de réplicas com voluntários para extrair informações sobre a topografia de superfícies dentais desgastadas;
- Realizar um estudo com um acompanhamento por tempo maior e com mais voluntários para aumentar a coleta de dados e testar a sensibilidade do protocolo.
- Desenvolver estratégias que aprimorem o protocolo;
- Testar a metodologia do Programa Computacional com um número maior de voluntários a fim de validar o método além de trabalhar no auxílio de sua otimização.
- Ainda com relação ao Programa, deve-se pensar em otimizar a sensibilidade do algoritmo.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUSAVICE, K.J.; Materiais de moldagem; Resinas Restauradoras e Propriedades Mecânicas dos Materiais. In: Materiais Dentários. 10ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; cap 04 (69-97); 09 (193-218) e 15 (375-417), 1998.

ARMANGUE, X.; SALVI, J.; Overall view regarding fundamental matrix estimation. Image and Vision Computing, p 205-220, 2003.

BADER, G.; LAVIGNE, G.; Sleep Bruxism; an overview of an oromandibular sleep movement disorder. Sleep Medicine Reviews. n 01, vol 04, p 27-43, 2000.

BASTOS,F.S.; Avaliação da Textura Superficial e Comportamento ao Desgaste ao Esmalte Dentário. 2004. 94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BASTOS,F.S.; Análise Numérica do Contato Oclusal, Atrito e Desgaste Dentário Humano. 2008. 162p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BIAGINI,A.B.; MARCON,T.G.; SCHIMIDT,T.M.; AMICO,S.C.; FORTE,M.M.C.; Avaliação das propriedades físicas, térmicas e mecânicas de formulações epóxi em diferentes condições de cura. 17º CBECIMAT Congresso Brasileiro de Engenharia Mecânica e Ciência dos Materiais. Nov de 2006, Foz do Iguaçu, Paraná.

BITESTRIP [online]. Disponível em:
<http://www.bitestrip.com>. Acessado em 10 janeiro de 2009.

BOYDE,A.; Dependence of rate of physical erosion on orientation and density in mineralised tissues. Anat. Embryology ,n 170, p 57-62, 1970.

CARLSSON,G.E.; JOHANSSON,A.; LUNDQVIST, S. Occlusal Wear, a follow-up study on 18 subjects with extensively worn dentitions. Acta Odontol. Scand. v 43, p 83-90, 1985.

CORREIA,A.R.M.; MATOS,C.R.C; PINTO,A.L.M.; COSTA,P.M.F.V.; Informática Odontológica uma disciplina emergente. Revista Odonto Ciência. v4, p 397-402, 2008.

DÂNGELO,S.G.; FATTINI,C.A.; Sistema Digestório. In: Anatomia Humana. 3ºed, Editora Atheneu, cap 10, p 160-161. 2007.

DAVIES,S.J.; GRAY,R.J.M.; QUALTROUGH,A.J.E.; Management of Tooth Surface Loss. British Dental Journal. n 01, vol 192, jan 2002.

DAWSON,P.E.; Patologia Oclusal. In: Oclusão Funcional: da ATM ao desenho do sorriso. Editora Santos, cap 03, p 18-26. 2008.

ESTRUTURAS DENTAIS [online]. Disponível em:
<http://www.colgate.com>. Acessado em 21 de janeiro de 2009.

ESTRUTURAS DA ATM [online]. Disponível em:
<http://www.miologia.hpg.ig.com.br>. Acessado em 21 janeiro de 2009.

ESTRUTURA DOS MÚSCULOS DA FACE [online]. Disponível em:
<http://www.noergologia.com.br>. Acessado em 21 de janeiro de 2009.

FACCIROLLI,I.Y.O.; Como escolher uma câmera fotográfica digital para uso na Odontologia. [online]. Ano VI nº 87, 2004. Disponível em:
<http://www.jornaldosite.com.br/arquivo/anteriores/ivanyoshio> .Acessado em 10 janeiro de 2009.

FAOT,F.; CURY,A.A.D.B.; Bruxismo: Meios Científicos e Clínicos de Diagnóstico e Avaliação. Jornal da ILAPEO. v 2; p 67-72, 2008.

FACCIROLLI,I.Y.O.; Como escolher uma câmera fotográfica digital para uso na Odontologia. [online]. Ano VI nº 87, 2004. Disponível em:
<http://www.jornaldosite.com.br/arquivo/anteriores/ivanyoshio> .Acessado em 10 janeiro de 2009.

FISCHLER,M.; BOLLES,R.; Random sample consensus: a paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography, Communications of the ACM, v 24, p381-395, New York, NY, USA, 1981.

GOULET,J.P.; CLARK,G.T.; FLACK,V.F.; Reproducibility of examiner performance for muscle and joint palpation in the temporomandibular system following training and calibration. Comunity Dent Oral Epidemiol. v 21, p 72-77, 1993.

GRACIAS, N.; SANTOS, V.J.; Underwater Video Mosaics as Visual Navigation Maps,Computer Vision and Image Understanding, v 79, p 66-91, 2000.

HABELITZ,S.; MARSHALL,S.J.; MARSHALL JR,G.W.; BALOOCH,M.; Mechanical Properties of Human Dental Enamel on The Nanometre Scale. Archives of Oral Biology, 46, p 173-183, 2001.

HAKETA,T.; BABA,K.; AKISHIGE,S.; FUEKI,K.; KINO,K.; OHYAMA,T.; Accuracy and Precision od a System for Assessing Severity of Tooth Wear. Inter. Journal of Prosthodontics. v 17, p 581-584, 2004.

HIRSCH,C.; JOHN,M.T.; LOBEZZO,F.; SETZ,J.M.; SCHALLER,H.G.; Incisal tooth wear and self –reported TMD pain in children and adolescents. Int. Journal of Prosthodont. v 17, p 205-210, 2004.

JOHANSSON,A; HARALDSON,T.; OMAR,R.; KILIARIDIS,S.; CARLSSON,G.E.; A system for assessing the severity and progression of occlusal tooth wear. Journal Oral Rehabil. v 2, 125-131, 1993.

JUNQUEIRA,L.C.; CARNEIRO,J.; O Trato Digestivo. In: Histologia Básica. Guanabara Koogan, 11° ed. cap 15 p 286-288, 2008.

KOYANO,K.; TSUKIYAMA,Y.; ICHIKI,R.; KUWATA,T.; Review Article: Assessment of Bruxism in the clinic. Journal of Oral Reahabilitation. 35, p 495-508. 2008.

KROGSTAD,O.; DAHL,B.L.; Dentofacial morphology in patients with advanced attrition. Eur Journal Orthod. p 57-62, 1985.

LAMBRECHTS,P.; Quantative *in vivo* wear of human enamel. Journal of Dental Reasearch, v 68, p 1752-1754, 1989.

LAVELLE,C.L.B.; Analysis of attrition in adult molars. Journal of Dent. Reasearch, n 49, p 822-828, 1970.

LAVIGNE,G.J.; ROMPRÉ,P.H.; MONTPLAISIR,J.Y.; Sleep Bruxism: Validity of Clinical Research Diagnostic Criteria in a Controlled Polysomnographic Study. Journal of Dent Res.75, p546-552. 1996.

LAVIGNE,G.J.; GOULET,J.P.; ZUCONNI,M.; MORISSON,F.; LOBEZZO,F.; Sleep Disorders and The Dental Patient. Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology.n 03, v 88,p 257-272, 1999.

LAVIGNE,G.J.; MANZINI,C.; KATO,T.; Sleep Bruxism. In: KRYGER,M.H.; ROTH,T.; DEMENT,W.C.; In: Principles and Praticce od Sleep Medicine. 4°ed. Philadelphia:Elsevier Saunders, p 946-959. 2005.

LAVIGNE,G.J.; KHOURY, S.; ABE,S.; YAMAGUCHI,T.; RAPHAEL,K.; Review Article: Bruxism Physiology and Patology: an overview for clinicians. Journal of Oral Rehabilitation. 35, p 476-494. 2008.

LEVITCH, L.; BADER, J.; SHUGARS, D.; HEYMANN, H.; Non carious cervical lesions. Journal Dent, v 22, 195-207, 1994.

LOBEZOO,F.; LAVIGNE,G.J.; TANGUAY,R.; MONTPLAISIR, J.Y.; The effect of catecholamine precursor L-dopa on sleep-bruxism: a controlled clinical trial. Mov.Disord. v 12, p 773-78, 1997.

LOBEZOO,F.; NAEIJE,M.; Review: Bruxism is mainly regulated centrally, not peripherally. Journal of Oral Reabilitation. 28, p 1085-1091. 2001.

LOBEZOO,F.; ZAAG,J.V.D.; NAEIJE, M.; Bruxism: its multiples causes and its effects on dental implants -an updated review. Journal of Oral Reabilitation. 33, p 293-300. 2006.

LOBEZOO,F.; ZAAG,J.V.D.; VAN SELMS,M.K.A.; HAMBURGUER,H.L.; NAEIJE, M.; Principles for the management of bruxism. Journal of Oral Reabilitation. 35, p 509-523. 2008.

LOWE,D.; Object Recognition From Local Scale-Invariant Features. International Conference on Computer Vision, p 1150-1157, 1999.

LOWE,D.; Distinctive Image Features From Scale-Invariant Keypoints. International Journal of Computer Vision, v 60, p 91-110, 2004.

MAJOR,M.; ROMPRÉ,P.H.; GUITARD,F.; TENBOKUM,L.; O'CONNOR,K.; NIELSEN, T; LAVIGNE, G.J.; A controlled day time challenge of motorperformance and vigilance in sleep bruxers. Journal of Dental Reasearch, v 78, p 1754, 1999.

MENAPACE,S.E.; RINCHUSE,D.J.; ZULLO,T.; PIERCE,C.J.; SHNORHOKIAN,H.; The dentalfacial morphology of bruxers versus non-bruxers. The Angle Orthodontist v 64, 1994.

MUMMERY,L.; Surface Texture Anaslysis: The Handbook. West Germany: Hommelwerke GmbH, 1992.105p.

MURPHY,T.; The change of pattern of dentine exposure in human tooth attrition. American Journal of Phys. Anthropol, n 17, p 167-178, 1959.

NEVES,R.; Localização e Navegação de Robôs Móveis a Partir de Mapas Visuais. Monografia de Conclusão de Curso – FURG (Fundação Universidade Federal do Rio Grande), Rio Grande – RS, 2006.

OKESON,J.P.; Etiologia e Identificação dos Distúrbios Funcionais do Sistema Mastigatório. In: Tratamento das desordens temporo-mandibulares e oclusão. 6° ed, editora Elsevier. cap 7, p 112-131, 2008.

PERGAMALIAN,A.; RUDY,T.E.; ZAKI,H.S.; GRECO,C.M.; The association between wear facets, bruxism, and severity of facial pain in patients with teporomandibular disorders. Journal Prosthet. Dent. v 2, 194-200, 2003.

PEREIRA,L.O.B.A; SOUZA,M.F.C.; Biofotogrametria: um novo recurso na avaliação das disfunções têmpero-mandibulares. 2006, 41p. Monografia para Especialização em Cirurgia e Traumatologia Bucomaxilofacial FO-UFGM. Faculdade de Odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

PETERS,M.C.R.B. *et al*. Comparision of Two Measurement Techniques for Clinical Wear. Journal of Dentistry, vol 27, p 479-485, 1999.

PIERCE,C.J.; CHRISMAN,K.; BENETT,E.; CLOSE,J.M.; Stress, anticipatory stress and psychologic measures related to sleep bruxism. Journal of Oralfacial Pain, v 9 p 51-56, 1995.

PINTADO, M.R.; Variation in Tooth Wear in Young Adults Over a Two-years Period. The Journal of Prosthetic Dentistry. v 77, p 313-320. 1997.

POWERS,J.M.; CRAIG,R.G.; LUDEMA,K.C.; Frictional behavior and surface failure of human enamel. Journal of Dent. Res., p 1327-1331, 1973.

PRABHU,S.R.; Lesões Brancas da mucosa bucal. In: Medicina Oral. Editora Guanabara Koogan, cap 10, p 80, 2007.

RAMFJORD,F.P.; Bruxism a clinical and electromyographic study. Journal of American Dental Association. v 62, p 21, 1961.

REGEZI,J.A.; Anomalias Dentárias. In:Patologia Oral:correlações clínico patológicas. trad da 5ªed, Editora Elsevier, cap 16, p 365-366, 2008.

RESINA ACRÍLICA [online]. Disponível em:
<http://www.Emfal.com.Br/Quimicos>. Acessado em 22 de janeiro de 2009.

ROUSSEEUW,P.; Least Median of Squares Regression, Journal of the American Statistics Association, v 79, p 871-880, 1984.

SALVI,J.; ARMANGUE,X.; PAGES,J.; A Survey Addressing the Fundamental Matrix Estimation Problem, International Conference on Image Processing, v 2, p 209-212, 2001.

SAMPAIO,I.B.M.; Estatística Aplicada á Experimentação Animal. 3º ed. Belo Horizonte. Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia- FEPMVZ Editora, 2007.264p.

SELIGMAN,D.A.; PULLINGER,A.G.; The degree to which dental attrition in modern society is a function of age of canine contact. Jour. Orofacial Pain. v 9, p 266-275, 1995.

SIQUEIRA,A.L., SOARES,J.F.; Introdução à Estatística Médica, 1.ed. Belo Horizonte, p.192-199, UFMG, 1999.

SMITH,P.C.; COOPER,W.E.G.; The determination of shear strength- a method using a micropunch apparatus. British Dental Jour, v 130, 1971.

SONY CORPORATION, Manual da Cyber-shot, 2007, 110 p.

STOUT,K.J.; Parameters for characterising 3-D surfaces. In: STOUT,K.J. Development of Methods for The Characterisation of Roughness in Three Dimensions.London: Penton Press, 2000, Cap 12, p 216-249.

STEWART,C.V.; Robust Parameter Estimation in Computer Vision, Society for Industrial and Applied Mathematics Review, v 41, p513-537, Philadelphia, PA, USA, 1999.

SZELISKI,R; Image Mosaicing for Tele-Reality Applications, IEEE Workshop on Applications of Computer Vision, p 44-53, 1994.

TORR, P.; Bayesian Model Estimation and Selection for Epipolar Geometry and Generic Manifold Fitting, Microsoft Research, 2002, MSR-TR-2002-29.

WHITEHEAD,S.A. *et al.* Changes of The Surface Texture of Enamel *in vivo*. Journal of Oral Rehabilitation. 24, p 449-453. 1997.

YAMANY,S.M.; FARAG, A.A.; TASMAN, D.; FARMAN, A.G.; A 3D Reconstruction System for the human jaw using a sequence of optical images. IEEE Transation on Medical Imaging. Vol 19,n 05, 2000.

YOUNG,D.V.; RINCHUSE,D.J.; PIERCE,C.J.; ZULLO,T.; The craniofacial morphology of bruxers versus nonbruxers. Angle Orthod vol 64, p 14-18, 1999.

ZHANG,Z.;Determining the Epipolar Geometry and its Uncertainty: A Review. International Journal of Computer Vision, v 27, p 161-195, 1998.

ANEXO B

TERMO DE ESCLARECIMENTO

A pesquisa, “**Estudo in vivo e in vitro de desgaste dentário provocado pelo Bruxismo**”, está sendo realizada com o objetivo de se conhecer melhor métodos para o monitoramento do desgaste dentário.

Os dados obtidos nesta pesquisa ajudarão a descobrir qual o melhor método para se tratar um paciente portador de desgaste dentário, sendo importante sua participação.

A sua contribuição neste trabalho será prestar informações respondendo as perguntas que lhe forem feitas e permitindo a moldagem, por sua livre vontade e será garantido o seu direito de se retirar da pesquisa assim que quiser.

Caso você não queira participar, não será prejudicado no seu tratamento e sua participação neste trabalho não lhe acarretará qualquer despesa nem a realização de exames adicionais de qualquer natureza.

TERMO DE CONSENTIMENTO

Eu, _____
Declaro que fui devidamente informado e esclarecido dos objetivos da pesquisa e concordo em participar respondendo as perguntas que forem feitas e permitindo as moldagens, fotografias e avaliações por minha livre vontade.

Belo Horizonte, _____ de _____ de _____

Assinatura do participante ou responsável legal

Documento de identidade apresentado: _____

ANEXO C

Patient	Date	Age
1	Is tooth surface loss	Normal Excessive Extreme for a patient of this age?
	Is there any evidence that is progressive?	None Weak Strong
2	The following features suggest an aetiology of	EROSION ABRASION ATTRITION
3	Known dietary habit?	
	Known gastric reflux?	
	Known parafunction?	
	Other [specify]?	
4	Has dento-alveolar compensation taken place?	
5	QUALITY OF LIFE ISSUES	
	Patient is worried about:	Appearance
	Tooth sensitivity	Tooth or restoration fracture
	Soft tissue comfort	Loosening teeth
6	RECORDS taken and TESTS made	
	Centric Relation jaw registration	Models
	Photographs	Tooth measurements taken

Ethyl Chloride
Patient

Date

Age

Primary aetiology EROSION
ABRASION
ATTRITION

RV no:

DATE OF LAST RV

INTERVAL

AFFECTED TEETH

Tooth surface loss

--	--	--

Dentin exposed 1 mild,
2 moderate, 3 severe

--	--	--

Sensitivity (pt's c/o)

--	--	--

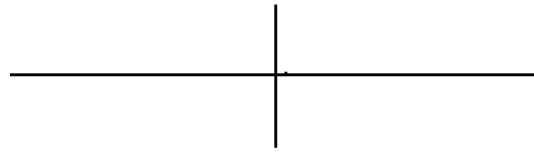
Tooth mobility I,II,III

--	--	--

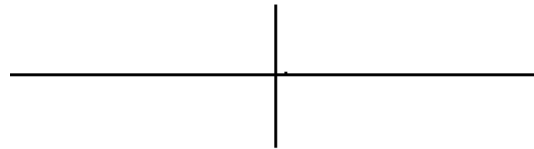
Fracture/ failed restorations

--	--	--

Hairline fracture lines



OTHERS NOTES



UFMG

ANEXO D

Universidade Federal de Minas Gerais
Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG - COEP

Parecer n.º ETIC 300/03 A

**Interessados: Prof. Dr. Estevam Barbosa de Las Casas
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG**

DECISÃO:

O Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG – COEP após cumprimento das solicitações da diligência, aprovou no dia 30 de janeiro de 2004 o projeto de pesquisa intitulado « **Estudo In Vivo e In Vitro do Desgaste Dentário Provocado pelo Bruxismo.** » e o seu Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

O relatório final ou parcial deverá ser encaminhado ao COEP um ano após o início do projeto.



**Prof.ª. Dra. Efigênia Ferreira e Ferreira
Vice - Presidente do COEP**

