

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA  
MESTRADO EM ODONTOLOGIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM CLÍNICA INTEGRADA



LUANA OSÓRIO FERNANDES

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA DIMENSÃO DO SULCO GENGIVAL POR  
TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA E SONDAS PERIODONTAIS EM  
INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS



RECIFE-PE  
2015

LUANA OSÓRIO FERNANDES

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA DIMENSÃO DO SULCO GENGIVAL POR  
TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA E SONDAS PERIODONTAIS EM  
INDIVÍDUOS SAUDÁVEIS

Dissertação apresentada à banca da Pós-Graduação em Clínica Integrada do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito para obtenção do grau de mestre em Clínica Odontológica Integrada.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Stevens L. Gomes

Co-Orientadora: Profª. Drª. Daniela da Silva Feitosa

RECIFE-PE  
2015

Ficha catalográfica elaborada pela  
Bibliotecária: Mônica Uchôa, CRB4-1010

F363a	Fernandes, Luana Osório.
	Avaliação comparativa da dimensão do sulco gengival por tomografia de coerência óptica e sondas periodontais em indivíduos saudáveis / Luana Osório Fernandes. – Recife: O Autor, 2015.
	65 f.: il.; tab.; 30 cm.
	Orientador: Anderson Stevens L. Gomes.
	Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CCS. Pós-graduação em Odontologia, 2015.
	1. Tomografia de coerência óptica. 2. Gengiva. 3. Doença periodontal. I. Gomes, Anderson Stevens L. (Orientador). II.Título.
617.6 CDD (22.ed.)	UFPE (CCS2015-070)

**Ata da 155<sup>a</sup> Defesa de Dissertação do curso de Mestrado em Odontologia com Área de Concentração em Clínica Integrada do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 11 de fevereiro de 2015.**

Às 9hs(nove horas) do dia 11 (onze) do mês de fevereiro do ano de 2015(dois mil e quinze), reuniram-se no auditório da Pós-Graduação em Odontologia do Centro de Ciências da Saúde da Universidade Federal de Pernambuco, os membros da Banca Examinadora, composta pelos Professores: Prof. Dr. LUIZ ALCINO MONTEIRO GUEIROS, atuando como presidente, Profa. Dra. ANGELA LUZIA BRANCO PINTO DUARTE, atuando como primeiro examinador, Prof. Dr. DANYEL ELIAS DA CRUZ PEREZ, atuando como segundo examinador, para julgar o trabalho intitulado **"AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA DIMENSÃO DE SULCO GENGIVAL POR TOMOGRAFIA DE COERÊNCIA ÓPTICA E SONDAS PERIODONTAIS EM INDIVIDUOS PERIODONTALMENTE SAUDÁVEIS"** da CD. LUANA OSORIO FERNANDES, candidata ao Grau de Mestre em Odontologia, na área de Concentração em CLINICA INTEGRADA, sob orientação do Prof. Dr. ANDERSON STEVENS LEONIDAS GOMES, e Co-orientação da Profa. Dra. DANIELA DA SILVA FEITOSA. Dando início aos trabalhos o Prof. Dr. LUIZ ALCINO MONTEIRO GUEIROS, Membro Permanente do Programa de Pós-Graduação em Odontologia, abriu os trabalhos convidando os senhores membros para compor a Banca Examinadora, foram entregues aos presentes cópias das Normas do Curso de Mestrado em Odontologia, que trata dos critérios de avaliação para julgamento da dissertação de Mestrado. O presidente da mesa após tomar posse conferiu os membros, seguindo convidou a candidata para expor sobre o aludido tema, tendo sido concedido trinta minutos. A candidata expôs o trabalho e em seguida colocou-se à disposição dos Examinadores para arguição. Após o término da arguição os examinadores reuniram-se em secreto para deliberações formais. Ao término da discussão, atribuíram à candidata os seguintes conceitos: Profa. Dra. ANGELA LUZIA BRANCO PINTO DUARTE,(APROVADA), Prof. Dr. DANYEL ELIAS DA CRUZ PEREZ, (APROVADA), Prof. Dr. LUIZ ALCINO MONTEIRO GUEIROS, (APROVADA), a candidata recebeu três conceitos APROVADA é considerada APROVADA, devendo acatar as sugestões da Banca Examinadora. Face a aprovação, fica a candidata apta a receber o Grau de Mestre em Odontologia desde que tenha cumprido as exigências estabelecidas de acordo com o Regimento Interno do Curso, cabendo a Universidade Federal de Pernambuco através de sua Pró-Reitoria para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação, tomar as providências cabíveis. Nada mais havendo a tratar, o presidente da Banca examinadora encerrou a sessão e para constar foi lavrada a presente ata que vai por mim assinada, Oziclere Sena de Araujo e pelos demais componentes da Banca Examinadora e pela recém-formada Mestre pela UFPE **LUANA OSÓRIO FERNANDES.**

**Recife, 11 de fevereiro de 2015.**

Prof.Dr. LUIZ ALCINO MONTEIRO GUEIROS  
Presidente

Orientador:

Profa. Dra. ANGELA LUZIA BRANCO PINTO DUARTE  
1º Examinador

Mestrando:

Prof. Dr. DANYEL ELIAS DA CRUZ PEREZ  
2º Examinador

À Deus

À minha mãe, minhas irmãs e meu companheiro Rodrigo Brito por todo o amor,  
apoio e cumplicidade.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre estar presente na minha vida.

As minhas **duas famílias** (Piauiense e Pernambucana) pelo amor, carinho, apoio, confiança e incentivo. Sem essa base meus objetivos de vida seriam muito mais difíceis de serem alcançados!

À meus pais **Antonio Lucas e Maria dos Anjos**, especialmente a minha mãe por ser um exemplo de pessoa, superando todas as intempéries da vida sem perder a luz, a bondade e dedicando tanto amor as suas filhas.

Às minhas irmãs **Lana, Liana e Priscila**, pelo profundo amor, carinho, amizade e respeito que compartilhamos.

Ao meu namorado **Rodrigo Brito** por todo amor e apoio incondicional nas minhas aventuras, que em todos os momentos acreditou no meu sucesso e comigo viveu e suportou todas as incertezas. Te amo muito.

Aos meus sogros **Sidinha e Ribamar**, por me adotarem como filha e incentivarem meu crescimento tanto pessoal quanto profissional.

Aos meus cunhados **Daniele, Gustavo e Lilian**, minha eterna gratidão por todos os momentos que me permitiram viver com vocês como irmãos que se tornaram.

Aos meus sobrinhos **Olívia, Gustavo e Lucas**, pela luz que vocês promovem na minha vida.

Ao meu orientador **Prof. Anderson Gomes**, pela atenção, dedicação, por ter aceitado ser meu orientador. Seu amor à docência é contagiente, e me fez tomá-lo como um exemplo a ser seguido.

À minha co-orientadora **Prof.<sup>a</sup> Daniela Feitosa**, sempre solícita, seu conhecimento foi peça fundamental para elaboração deste trabalho e sua prontidão nunca será esquecida.

À Família **Labfoton** que me acolheu de forma muito especial e com isso criei grandes amizades. Em especial à **Claudia, Mariana e Manuela Soares**, pelo apoio e orientação.

À **Luciana Afonso** com a qual não teria conseguido cumprir minha meta. Não tenho palavras para expressar toda a minha gratidão, obrigada por tudo.

À amiga **Patricia Fernandes** pela amizade que perdura por todos esses anos em que trabalhamos juntas em busca do mesmo ideal, toda a minha gratidão.

Aos **colegas de turma**, em especial a **Erica Borges e Leonardo Vilar** pela amizade e companheirismo. Foi muito satisfatório poder conviver com vocês.

Aos **professores da pós-graduação** pelos ensinamentos.

Ao **Prof.José Aleixo** pela disponibilidade e ajuda com a estatística do presente estudo.

Aos **voluntários** que contribuíram de forma significativa para a execução do trabalho.

Aos funcionários **Claudesio, Ozi,Tamires e Tania** pela paciência e eterna disponibilidade em ajudar.

A todos vocês MUITO OBRIGADA!

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Fig.01</b>	Anatomia Periodontal	15
<b>Fig 02</b>	Representação esquemática da resolução e profundidade de penetração da técnica de Tomografia por Coerência Óptica em comparação com outras modalidades de imagem.	24
<b>Fig 03</b>	Moldeira-guia com delimitação dos sulcos de orientação para padronização e obtenção da profundidade do sulco gengival.	32
<b>Fig 04</b>	Posição do paciente para aquisição de imagens por Tomografia de Coerência Óptica.	33
<b>Fig 05</b>	Determinação (a) e medição (b) da profundidade do sulco gengival (GS) de indivíduos com saúde periodontal em imagem obtida por Tomografia por Coerência Óptica utilizando o Image J.	34
<b>Fig 06</b>	Aquisição das imagens para o cálculo do índice de refração gengival (a e b) através da razão entre aumento do caminho óptico (c) e a espessura real da amostra (d).	35
<b>Fig 07</b>	Escala Verbal de 4 pontos (VRS-4).	36
<b>Fig 08</b>	Escala Numérica da Dor (END).	36
<b>Fig 09</b>	Imagen obtida por Tomografia por Coerência Óptica (SweptSource OCT 1325nm) mostrando a distinção entre as estruturas periodontais.	39
<b>Fig10</b>	Determinação(a) e mensuração(b) da profundidade do sulco gengival (GS) de indivíduos com saúde periodontal através da análise de imagens obtidas pela Tomografia por Coerência Óptica utilizando o ImageJ.	40

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	Média e desvio padrão da medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal (em milímetro), segundo o tipo de instrumento e os examinadores.	41
<b>Tabela 2</b>	Média e desvio padrão da medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal (em milímetro), segundo o tipo de instrumento e os examinadores.	41
<b>Tabela 3</b>	Distribuição da classificação do desconforto/dor segundo o tipo de instrumento utilizado para medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal.	42

## RESUMO

Este estudo avaliou o desempenho da Tomografia de Coerência Óptica em 1325 nm com o método não invasivo para medir a profundidade do sulco gengival de indivíduos saudáveis em comparação com sondas periodontais tradicionais em um ambiente clínico. Dois observadores avaliaram a profundidade do sulco gengival de 445 sitios em dentes anteriores, tanto superior e inferior, de 23 indivíduos saudáveis, por meio de três ferramentas: sonda periodontal Carolinado Norte (NC), sonda computadorizada Florida Probe (FP) e Tomografia por Coerência Óptica (OCT). Foi obtido o índice de refração gengival, necessário para correção dos valores obtidos por OCT, a partir da análise de 19 amostras provenientes de cirurgia periodontal. Para cada técnica, foi registrado o grau de desconforto/dor, através da escala verbal de 4 pontos (VRS-4) e Escala Numérica da Dor (END), e o tempo com auxílio de cronômetro digital. As imagens de OCT mostraram estruturas anatômicas clinicamente relevantes do ponto de vista periodontal na área avaliada. O valor médio calculado para o índice de refração da gengiva foi de  $1,41 \pm 0,06$ , dado utilizado para realizar a correção dos valores obtidos pelo OCT, através de regra de três simples. As imagens de OCT proporcionaram analisar o correspondente ao sulco gengival histológico com valor médio de  $0,86 \pm 0,27$  milímetros. A sonda NC resultou em maiores valores de profundidade ( $1,43 \pm 0,56$  milímetros), seguido pela FP ( $1,25 \pm 0,58$  milímetros) que proporcionou uma maior frequência de desconforto e dor. O tempo registrado para cada técnica foi maior para o OCT ( $19,61 \pm 8,98$  minutos) decorrente do caráter laboratorial do equipamento, seguido da FP ( $2,44 \pm 1,04$  minutos) e NC ( $1,77 \pm 0,40$  minutos), ambas adaptadas para aplicação clínica. Diante dos resultados, pode-se concluir que o OCT é um método promissor para a análise *in vivo* da saúde periodontal, permitindo o diagnóstico precoce e preciso, de maneira não invasiva, e que sua influência e interferências sobre a avaliação clínica é inexistente, diferente das de uma sonda periodontal. Porém, ainda se faz necessário a adaptação do equipamento para utilização na clínica odontológica.

**Palavras-chave:** Tomography, Optical Coherence. Gingiva. Periodontal Diseases.

## ABSTRACT

This study evaluated the performance of Optical Coherence Tomography in 1325 nm as a noninvasive method to measure the depth of the gingival sulcus of healthy subjects compared to traditional periodontal probes in a clinical setting. Two observers evaluated the depth of the gingival sulcus of 445 sites in anterior teeth, both top and bottom of 23 individuals, using three tools: periodontal probe North Carolina (NC), electronic probe Florida Probe (FP) and Optical Coherence Tomography (OCT). Was obtained gingival index of refraction needed to correct the values obtained by OCT, from the analysis of 19 samples from periodontal surgery. For each technique, the degree of discomfort/pain was recorded by verbal 4-point scale (VRS-4) and Numerical Pain Scale (NPS), and time using a digital stopwatch. The OCT images showed clinically relevant anatomical structures of the periodontal viewpoint in the area evaluated. The average value calculated for the gum refractive index was  $1.41 \pm 0.06$ , as used to perform the correction of values obtained by OCT, through simple rule of three. The OCT images provided analyze the histological sulcus corresponding to an average value of  $0.86 \pm 0.27$  mm. The CN probe resulted in greater depth values ( $1.43 \pm 0.56$  millimeters), followed by FP ( $1.25 \pm 0.58$  mm) which gave a higher frequency of discomfort and pain. The time recorded for each technique was higher for the OCT ( $19.61 \pm 8.98$  minutes) due to the character of laboratory equipment, followed by FP ( $2.44 \pm 1.04$  minutes) and NC ( $1.77 \pm 0.40$  minutes), both adapted for clinical application. With the results, we can conclude that OCT is a promising method for *in vivo* analysis of periodontal health, enabling early and accurate diagnosis, noninvasively, and that its influence and interference on clinical evaluation is lacking, different the use of a periodontal probe. However, the upgrading of equipment is still needed for use in the dental clinic.

**KeyWords:** Optical Coherence Tomography. Gingiva. Periodontal disease. Probing depth. Pain measurement.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1	Periodonto.....	14
2.2	Avaliação Periodontal.....	16
2.3	Sondas Periodontais.....	18
2.4	Tomografia por Coerência Óptica.....	21
2.4.1	Mecanismo de Funcionamento.....	21
2.4.2	Formação das imagens.....	22
2.4.3	Resolução das imagens.....	23
2.4.4	Índice de Refração.....	25
2.4.5	Aplicações do OCT na Periodontia.....	25
2.4.6	Outras Características Relevantes do OCT.....	28
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>30</b>
3.1	Geral.....	30
3.2	Específicos.....	30
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
4.1	Aspectos Éticos.....	31
4.2	Desenho e Local do Estudo.....	31
4.3	População Alvo e Seleção da amostra.....	31
4.3.1	Critérios de Inclusão.....	31
4.3.2	Critérios de Exclusão.....	32
4.4	Confecção de Moldeira-Guia.....	32
4.5	Tomografia por Coerência Óptica.....	32
4.5.1	Cálculo do Índice de Refração.....	34
4.6	Sondas Periodontais.....	35
4.7	Avaliação do Desconforto/Dor E Tempo Clínico.....	36

4.8	Análise dos Resultados.....	37
<b>5</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>38</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>43</b>

## **APENDICES**

A -	Article to Journal of Clinical Periodontology.....	48
B -	Instrumento de Coleta de Dados.....	62

## **ANEXOS**

A -	Termo de aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo..... Seres Humanos da Universidade de Pernambuco	63
B -	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.....	65
C -	Carta de Anuênciacia.....	67

## 1 INTRODUÇÃO

As doenças do periodonto atingem grande parte da população mundial e sua prevalência parece variar de acordo com a região do mundo, condição socioeconômica e etnia (ALBANDAR; RAMS, 2000). A doença é caracterizada por dois principais tipos de manifestações clínicas, a gengivite e a periodontite. Na primeira, observa-se uma forma não destrutiva da doença periodontal, caracterizada por inflamação do periodonto de proteção. A periodontite, por sua vez, é uma doença infecciosa multifatorial, caracterizada por inflamação e destruição dos tecidos de suporte dos dentes e relacionada à susceptibilidade a bactérias patógenas (ARMITAGE, 1999).

O diagnóstico da doença periodontal é obtido tradicionalmente pelo exame clínico, associado a exames radiográficos (HAUSMANN, 2000; ALBANDAR, 2002). O diagnóstico adequado das doenças periodontais norteará seu plano de tratamento e o prognóstico, aumentando, assim, a probabilidade de obter sucesso terapêutico.

A sondagem periodontal representa o principal método empregado para diagnóstico da doença periodontal. É utilizada para estabelecer a presença e a severidade da doença, bem como o efeito do tratamento periodontal (BARENDRGT *et al.*, 2006). Em condições de saúde, a profundidade do sulco à sondagem está em torno de 2 a 3 mm. Profundidade de sondagem maior que três mm costuma ser considerado um indicativo de doença (NANCI; BOSSHARDT, 2006).

Diversos fatores podem influenciar os valores obtidos com as sondagens, tais como fatores relacionados ao examinador, ao instrumento ou às condições dos tecidos (VAN DER ZEE; DAVIES; NEWMAN, 1991; ROCHA *et al.*, 2003). Erros durante a sondagem podem levar o clínico à escolha de um plano de tratamento não adequado. (GARNICK; SILVERSTEIN, 2000).

Novos métodos de diagnóstico não invasivo através de imagem e que utilizam a radiação não ionizante despertam grande interesse de pesquisadores e clínicos. A Tomografia por Coerência Óptica (OCT) é um método diagnóstico por imagem baseado na interferometria de baixa coerência que usa uma fonte de luz de banda larga no infravermelho (WOJTKOWSKI *et al.*, 2010).

O OCT é capaz de avaliar tecidos duros e moles da cavidade bucal e identificar com precisão suas diferenças estruturais através da formação de imagens (GIMBEL, 2008). Desta maneira, o método foi sugerido como recurso para diagnóstico precoce, bem como para que o monitoramento das doenças periodontais com maior precisão e sensibilidade (OTIS *et al*, 2000).

As características do OCT permitem a realização de um diagnóstico por imagem de maneira não invasiva e pode se apresentar como estratégia alternativa ou complementar ao exame periodontal tradicional de sondagem periodontal e análise radiográfica. Apesar de suas vantagens a técnica de OCT ainda não é utilizada clinicamente na Odontologia, entretanto, os resultados de pesquisas laboratoriais, nas diversas especialidades da área, demonstraram-se promissores e incentivam a aplicação da técnica na clínica num futuro próximo.

## **2REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Os tópicos abaixo relatam os principais pontos do tema abordado.

### **2.1 Periodonto**

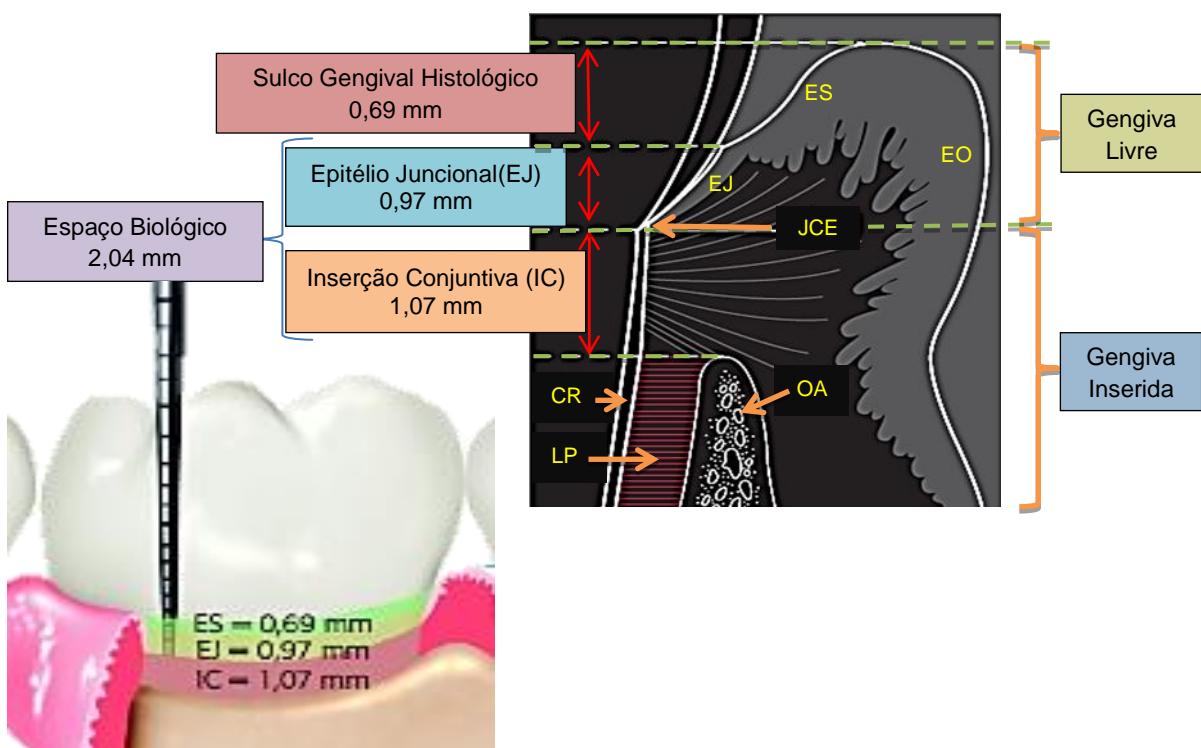
Os tecidos que circundam e sustentam os dentes constituem a região anatômica denominada de periodonto. A sua função é fixar o dente ao osso alveolar circundante e apoiar o dente durante a mastigação, além de manter a integridade da mucosa mastigatória da cavidade oral. O periodonto é constituído por gengiva, ligamento periodontal, cimento radicular e osso alveolar.

Gengiva é o tecido que recobre o processo alveolar e circunda a porção cervical dos dentes. Ela é composta por tecido conjuntivo e epitelial, que pode ser dividido em três áreas histológicamente distintas: epitélio oral, sulcular e juncional (AHMAD, 2005) (Figura 01). Dentre eles, o epitélio juncional desempenha um papel crucial, uma vez que protege os tecidos periodontais do ambiente oral. Sua integridade é, portanto, essencial para a manutenção de um periodonto saudável (NACI; BOSSHARDT, 2006).

Ainda é possível distinguir duas regiões gengivais: gengiva livre e inserida. A gengiva inserida encontra-se firmemente ligada ao cimento e ao osso

alveolar. E, está localizada entre a gengiva livre e a mucosa alveolar (NEWMAN et al., 2012).

A parte da gengiva localizada ao redor do dente, porém sem nenhum tipo de aderência à estrutura dental, é chamada de gengiva livre. Esta região é delimitada pela margem gengival livre (em direção à coroa dental) e ranhura gengival (no sentido apical), que corresponde à área de epitélio juncional (LINDHE; LANG; KARRING, 2010).



**Figura 01-** Anatomia Periodontal: ES (epitélio sulcular), EO (epitélio oral), EJ (epitélio juncional), JCE (junção cemento-esmalte), OA (osso alveolar), LP (ligamento periodontal), CR (cimento radicular). (Fonte: Adaptado de AHMAD, 2005; PEREIRA; NETTO; GONÇALVES, 2014).

Durante análise da saúde periodontal, ocorre o afastamento do tecido gengival da superfície dental devido à introdução da sonda periodontal. Assim, ao examinar indivíduos saudáveis pode-se observar o sulco gengival, que nada mais é do que um espaço artificialmente criado, após o rompimento do íntimo contato existente entre a gengiva e a superfície dental (POLSON et al., 1980).

O sulco gengival é delimitado de um lado pela superfície do dente e do outro pelo epitélio que reveste o sulco, ou seja, localiza-se coronariamente ao epitélio juncional (SANAVI; WEISGOLD; ROSE, 1998; AHMAD, 2005). Ainda é

possível subdividi-lo em o sulco gengival histológico e clínico. A profundidade do sulco histológico (0,69 mm), em indivíduos saudáveis, somada à profundidade do epitélio juncional caracteriza o sulco gengival clínico, que mede aproximadamente 1 a 2 milímetros nas regiões vestibular e lingual (LANZA; HENRIQUES; MARTINS, 2003) e 2 a 3 milímetros nas regiões proximais (GOLDBERG; HIGGINBOTTOM; WILSON, 2001; LANZA; HENRIQUES; MARTINS, 2003).

O cimento radicular é um tecido mineralizado, avascular, altamente especializado, que recobre a dentina radicular. Tem a função de servir de suporte para inserção das fibras colágenas provenientes do ligamento periodontal(LANZA; HENRIQUES; MARTINS, 2003).

O ligamento periodontal é um importante componente do periodonto formado por tecido conjuntivo frouxo, ricamente vascularizado e celular, que circunda as raízes dos dentes e une o cimento radicular à lámina dura ou ao osso alveolar propriamente dito. O ligamento periodontal tem a função de transmitir e resistir à ação das cargas oclusais, devido à absorção e neutralização do impacto ao osso, além das funções formadora, nutricional e sensorial (NEWMAN *et al.*, 2012).

O processo alveolar é representado pelas estruturas ósseas da maxila e mandíbula que formam e suportam os alvéolos dentários. As paredes dos alvéolos são revestidas por osso compacto (lâmina cribiforme). O osso esponjoso ocupa a maior parte dos septos interdentais e apenas uma pequena extensão nas tábuas óssea vestibular e lingual(NEWMAN *et al.*, 2012).

A integridade de todos os constituintes desta unidade é essencial para a manutenção da saúde periodontal(NACI; BOSSHARDT, 2006).

## **2.2 Avaliação periodontal**

O diagnóstico periodontal é realizado a partir da avaliação clínica periodontal, com registro da profundidade de sondagem e nível de inserção clínica, sangramento à sondagem, presença de placa, bem como avaliação radiográfica do osso de suporte(LINDHE; LANG; KARRING, 2010).

Usualmente a gengiva saudável apresenta coloração rosa e firme, enquanto a gengiva inflamada pode apresentar eritema e edema. Isso faz com

que a inspeção visual forneça informações importantes sobre o grau de inflamação(WOLF; LAMSTER, 2011). Para Zhang *et al.*(2009), informação adicional para o diagnóstico periodontal se dá pela observação de sangramento no nível de gengiva marginal durante o ato da sondagem.

O exame físico considerado padrão-ouro para avaliação da saúde periodontal, deve ser realizado em toda a boca, examinando seis sítios por dente em todos os dentes presentes, utilizando uma sonda periodontal. Então, para examinar se a perda de integridade periodontal está presente é realizada a mensuração das profundidades dos sulcos gengivais/bolsas periodontais e dos níveis de inserçãoclínica (BECK; LÖE, 1993).

A sonda periodontal milimetrada é utilizada para mensuração de um parâmetro clínico que consiste na distância entre a margem gengival até a porção onde a ponta da sonda, depois de inserida no sulco gengival, encontra resistência (epitélio juncional) durante a aplicação de uma força moderada, chamada de profundidade de sondagem. Durante a sondagem, outro parâmetro pode ser observado, o nível de inserção clínica, que consiste na distância entre a junção cemento-esmalte e o local de resistência encontrado pela sonda (LINDHE; LANG; KARRING, 2010).

O sangramento gengival após sondagem pode indicar inflamação na gengiva (DE SOUZA *et al.*, 2003), porém resultado falso-positivo é possível, devido a penetração com pressão excessiva do instrumento, gerando sítios hemorrágicos traumáticos nos tecidos periodontais clinicamente saudáveis. Assim, a sondagem periodontal pode ser caracterizada como um exame de caráter invasivo (LANG *et al.*, 1991).

Outro fato importante é a possibilidade de promoção de sensação dolorosa durante a sondagem manual, devido à penetração do instrumento no sulco ou bolsa decorrente da presença de inflamação gengival, do excesso de pressão aplicada durante o exame ou pelo calibre da ponta da sonda (PIHLSTROM, 1992).

A avaliação radiográfica da perda óssea serve como auxiliar para avaliar a ação da doença periodontal sobre os tecidos de sustentação, tornando possível a visualização da extensão e gravidade da doença em nível ósseo e, consequentemente, determina a altura e contorno da crista óssea alveolar.(PITIPHAT *et al.*, 2004). Apesar da sua popularidade, essa técnica

também possui desvantagens, tais como a exposição do paciente à radiação ionizante, a dificuldade de obtenção de diagnóstico precoce da doença (XIANG *et al.*, 2010) e a subestimação da perda óssea, em média de 30% (REDDY; JEFFCOAT, 1993). Outro fato importante é a formação de imagens apenas bidimensionais que pode levar a erros de interpretação já que o osso pode ser sobreposto sobre as imagens das estruturas dentárias ou outras áreas anatômicas normais (HSIEH *et al.*, 2013).

Desta maneira, autores como Borrell e Papapanou (2005) afirmam que não existe um consenso na literatura periodontal sobre o melhor critério para avaliar e diagnosticar as doenças periodontais e sim a determinação de um critério preciso para definir a doença durante uma dada investigação clínica ou laboratorial. Com isso, novas técnicas têm sido desenvolvidas para o diagnóstico das doenças odontológicas, incluindo as periodontais (XIANG *et al.*, 2010).

### **2.3 Sondas periodontais**

Durante o exame clínico periodontal utiliza-se um instrumento chamado sonda periodontal, considerada a ferramenta clínica mais importante na obtenção de informações sobre o estado de saúde do periodonto. Para tal, o instrumento é inserido cuidadosamente dentro da sulco ou bolsa, sendo necessário o emprego de determinada pressão no intuito de vencer a resistência dos tecidos gingivais (GARNICK; SILVERSTEIN, 2000). A força empregada de modo excessivo assim como o diâmetro da ponta do instrumento pode induzir ao erro de sondagem (PIHLSTROM, 1992). Outros fatores também influenciam na penetração da sonda, como na presença de angulação exacerbada da sonda e de cálculos subgengivais que a sonda pode ficar presa antes de chegar ao fundo da bolsa (EICKHOLZ, 2004). Para Corraini, Baelum e López (2013), a presença deles pode alterar a aferição periodontal em ≥1 mm.

A fim de melhorar as técnicas de sondagem, vários tipos de sonda foram desenvolvidos, já que qualquer alteração, mesmo que mínima, em seu desenho pode modificar significativamente o desempenho e a precisão do instrumento (BUDUNELI; AKSOY; KOSE, 2004).

As sondas convencionais, chamadas de 1<sup>a</sup> geração, foram desenvolvidas para facilitar a medição periodontal em qualquer ponto ao redor do dente. A maioria é fabricada em aço inoxidável e composta por três partes (cabo, haste e ponta ativa) (GARNICK; SILVERSTEIN, 2000). Essa geração tem como característica a variabilidade do diâmetro da ponta do instrumento (GARNICK; SILVERSTEIN, 2000) e da marcação milimétrica presente nesta região, fato que influencia o valor obtido durante a sondagem. Além disso, a força de sondagem pode variar de acordo com a força empregada pelo operador (3 a 140 g) e com sítios sondados, diâmetro da ponta da sonda, angulação, posição da sonda durante a sondagem e com anatomia dental (PIHLSTROM, 1992). São exemplos desse grupo: Carolina do Norte, Williams, Community Periodontal Index of Treatment Needs (CPITN) e Michigan.

As sondas manuais (convencionais) são as mais utilizadas tanto em estudos clínicos quanto em estudos epidemiológicos (HOLTFRETER *et al.*, 2012). Essa característica provavelmente se deve ao baixo custo do instrumento e ao fácil manuseio. Além disso, estudos compararam os erros de medida entre das sondas manuais em comparação com as de pressão constante (BOGHOSSIAN, 2008) e observaram que esse viés poderia ser diminuído se os examinadores estivessem bem treinados e calibrados (reprodutibilidade intra- e inter-examinadores) (GROSSI, 1996).

A fim de minimizar tais desvantagens, foram criadas as sondas de 2<sup>a</sup> geração (Brodontic®) que têm como principal característica a aplicação de uma força constante durante a sondagem ajudando a padronizar a técnica e diminuindo a formação de viés nos resultados da sondagem (OSBORNET *et al.*, 1990). As forças aplicadas dependem da calibração de um dispositivo, permitindo a obtenção de resultados reprodutíveis (LANG *et al.*, 1991), porém as fontes de viés já descritas ainda afetam o teste (SIMONS; WATTS, 1987).

A 3<sup>a</sup> geração é caracterizada, além da aplicação da força constante, pela automatização das medições, pois os valores obtidos são registados no computador, eliminando erros de transcrição, além de promoverem a padronização da sondagem, redução do viés inter-examinador e aumento da precisão da sondagem. A maior vantagem dessa categoria está no aumento da resolução eliminando a necessidade de arredondamento numérico (OSBORN *et al.*, 1990) A melhoria da resolução está atrelada apenas à concepção da

sonda e, portanto, a reproducibilidade das sondagens não foi alterada pelo fato de depender principalmente do operador. (PIHLSTROM, 1992) Entre as sondas pertencentes a este grupo e comercialmente disponíveis temos a Florida Probe® (FloridaProbe Corporation, EUA).

A FloridaProbe® é constituída por uma peça de mão (sonda com marcação similar à sonda manual Williams) e um pedal conectado a um computador contendo uma interface de trabalho. A medição real da profundidade de sondagem é realizada de modo eletrônico e automaticamente transferida para o computador quando o pedal é acionado. A pressão constante de sondagem utilizada pela FloridaProbe® é de 15g e as medições são gravadas com uma precisão de 0,2 mm. Além disso, o programa da sonda permite o registro de ausência de dentes, recessão, profundidade de bolsa, sangramento, supuração, envolvimento de furca, mobilidade e de avaliação de placa (OSBORN *et al.*, 1990). A sonda tem como desvantagem o fato de proporcionar maior desconforto ao paciente, o alto custo e a subestimação da sensibilidade tátil durante a obtenção da profundidade de sondagem (PERRY *et al.*, 1994).

A quarta geração ainda está em desenvolvimento e é composta por sondas tridimensionais – sondas 3D. Elas têm como objetivo memorizar sequencialmente as diferentes posições da sonda ao longo do sulco gengival, no intuito de registrar as variações de profundidade ao longo do sulco transformando as medições lineares de profundidade (LYNCH; HINDERS; MCCOMBS, 2006). Porém, as desvantagens observadas nas outras gerações, como a penetração e dor promovida pelo contato com o fundo e paredes do sulco gengival provavelmente ainda estarão presente.

A quinta geração é composta por uma sonda 3D, porém sem a necessidade de contato físico. O instrumento utilizará a tecnologia do ultrassom para avaliar tridimensionalmente os componentes teciduais periodontais, além de fornecer informações sobre as condições dos tecidos gengivais e extensão da aderência epitelial (LYNCH; HINDERS; MCCOMBS, 2006; HOU; HINDERS, 2005).

E, independente da geração dos instrumentos, é imprescindível a utilização das sondas periodontais no diagnóstico da condição periodontal. Porém, ainda se faz necessário romper barreiras para o total sucesso da

técnica. Entre elas, destaca-se a necessidade de aumentar o índice de sensibilidade e a segurança de sondagem, através da obtenção de valores precisos das medidas clínicas, mais próximos da realidade anatômica ou patológica, que atualmente só podem ser avaliados com precisão por métodos histológicos ou histométricos (padrão ouro). (XIANG *et al.*, 2010).

## **2.4 Tomografia por Coerência Óptica**

A Tomografia por Coerência Óptica (OCT, sigla em inglês para Optical Coherence Tomography) é uma técnica de aquisição de imagens de alta resolução baseada na interferência de um campo óptico de baixa coerência próximo ao infravermelho (WILDER-SMITH *et al.*, 2009).

### **2.4.1 Mecanismo de Funcionamento**

O sistema OCT é composto basicamente por um interferômetro do tipo Michelson iluminado com fonte de luz de baixa coerência, em que a largura espectral está na ordem de dezenas a uma centena de nanômetros (FERCHER, DREXLER, HITZENBERGER, 2003).

O interferômetro de Michelson é um dispositivo poderoso no tocante a medidas de pequenas distâncias com alta precisão, já que proporciona a aquisição de valores em uma pequena fração do comprimento de onda da luz utilizada. Trata-se de um dispositivo divisor de amplitude, no qual a luz proveniente de uma fonte chega a um espelho semitransparente (divisor de feixes) e é dividida em dois feixes. Um dos feixes segue até um espelho móvel (feixe de referência) para ser totalmente refletido e voltar em direção ao divisor de feixes. Enquanto isso, o outro feixe viaja até o espelho fixo (amostra), é espalhado de acordo com a natureza do tecido, e alguns feixes são retroespelhados em direção ao divisor de feixes, se recombinação produzindo um padrão de interferência no fotodetector, para finalmente formar a imagem (FAÇÃO, 1999).

Sistemas de OCT utilizam Diodos Super Luminescentes (SLDs) como fonte de luminosa e produzem luz com uma ampla gama de comprimentos de ondas, cada um dos quais produzirá sua própria imagem de interferência. A

intensidade da interferência é uma função do espalhamento causado pelas mudanças na estrutura dos tecidos(COLSTON *et al.*, 1998).

## **2.4.2 Formação das imagens**

A tomografia por coerência óptica gera imagens a partir da luz refletida e do retroespalhamento, e o seu princípio de funcionamento é análogo ao ultrassom, já que a luz ecoa com um tempo de atraso, dependendo da estrutura tecidual em análise (FERCHER; DREXLER; HITZENBERGER, 2003). E, a ampla gama de comprimentos de onda, produzidos pelo SLD, produz o seu próprio padrão de interferência. A intensidade dessa interferência é decorrente do espalhamento causado pelas diferenças estruturais dos tecidos analisados. Isso significa que a luz da tomografia por coerência óptica é retroespalhada ao encontrar diferentes índices de refração provenientes de diferenças constitucionais da amostra analisada (FELDCHTEIN *et al.*, 1998).

A variação na medida de espalhamento em relação à profundidade de um único ponto na superfície da amostra é chamada de “A-scan” (Amplitude Scan), também chamado comovarreduraaxial, e contém informações ao longo da profundidade da amostra (PODOLEANU, 2005; SCHUMAN, 2008). A tomada de vários A-scan ao longo de uma linha produz informações de uma ‘fati’ de tecido dentário, que é o tomograma (HALL; GIRKIN, 2004). Ao movimentar-se o feixe sobre a amostra em uma direção longitudinal obtém-se uma imagem da seção transversal de parte da amostra, chamada de B-scan (Brightness Scan), que nada mais é do que um mapa bidimensional da área(COLSTON *et al.*, 1998; HALL; GIRKIN, 2004). As imagens são captadas tanto no eixo de profundidade quanto no eixo lateral ou angular. O conjunto muitos desses B-scans paralelos podem ser utilizados para a aquisição de dados 3D (SCHUMAN, 2008).

T-scan ou varredura en-face é produzido por digitalização transversal do feixe sobre o alvo mantendo o espelho de referência fixo para gerar um perfil de refletividade em ângulo ou posição lateral.Já o C-scan (scans fati transversais) é obtido de muitos B-scans no plano transversal.Diferentes cortes captados para diferentes profundidades, quer avançando a diferença de trajeto

óptico em etapas após cada varrimento transversal completo, ou continuamente a uma velocidade muito mais lenta (PODOLEANU, 2005).

### 2.4.3 Resolução das imagens

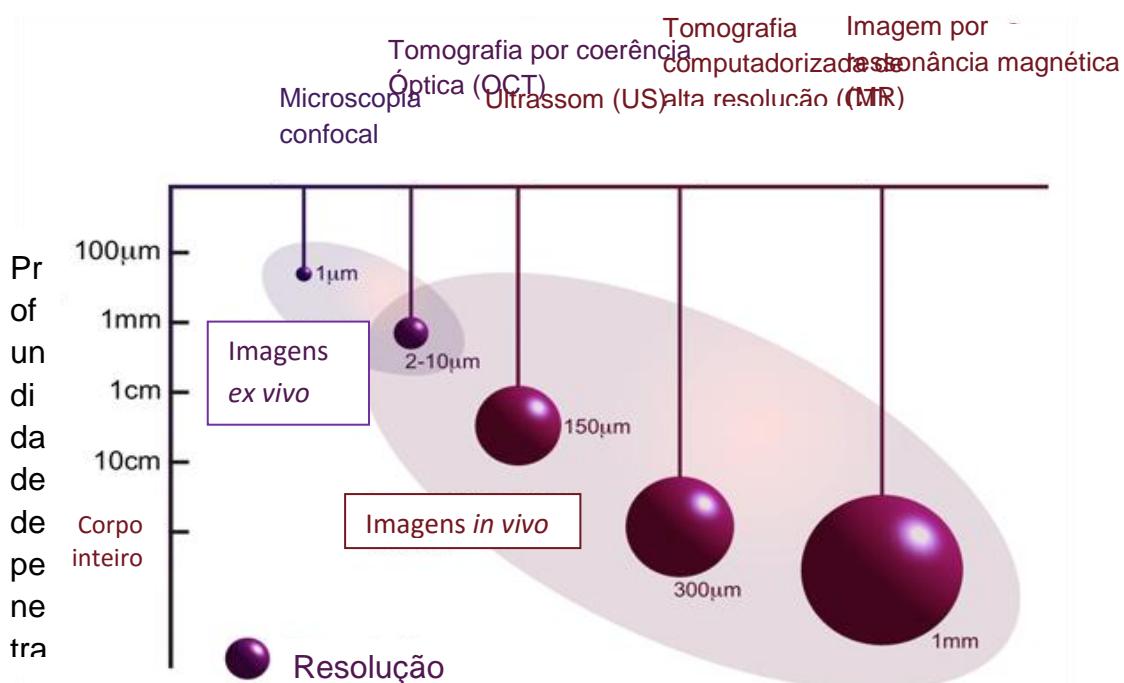
O sistema do OCT realiza múltiplas varreduras longitudinais, construindo um mapa das regiões de reflexão na amostra. A resolução axial do OCT depende apenas da coerência da luz emitida pela fonte, mantendo alta resolução de profundidade mesmo com uma abertura numérica pequena. Essa é uma das características mais importantes da técnica, possibilitando medições *in vivo* de tecidos profundos, sem necessidade de contato. Em geral quanto menor for à coerência da luz utilizada, maior é a resolução longitudinal do OCT (HUANG, 1991) (Figura 02).

O comprimento de onda e a potência da fonte determinam a profundidade de penetração do OCT. Porém, esse fator é limitado pelas propriedades ópticas (absorção e espalhamento) do tecido analisado (TOMLINS; WANG, 2005). E, o retroespalhamento ocorre de acordo com os diferentes índices de refração dos tecidos que entraram em contato com o feixe de luz (FELDCHTEIN *et al.*, 1998). Quando a luz é focada no tecido, as não homogeneidades dos índices de refração fazem com que a luz se espalhe em ângulos diferentes. Em tecidos com espalhamento, a varredura de profundidade é limitada principalmente pelo espalhamento óptico, com máximas profundidades variando entre 1 mm e 3mm (BREZINSKI; FUJIMOTO, 1999) em diversos tecidos, na faixa de comprimento de onda entre 800 nm e 1300 nm (SCHMITT *et al.*, 1994).

Segundo Fujimoto (2003), o OCT possui uma capacidade de penetração em profundidade de até 3 mm, resultando numa imagem com resolução de 1 a 20  $\mu\text{m}$  uma ou duas ordens de magnitude maior que o ultrassom convencional (FUJIMOTO, 2003; WOJTKOWSKI, 2010). Além disso, a técnica permite que imagens sejam adquiridas de forma não invasiva, em secções transversais de alta resolução, mostrando detalhes microestruturais dos tecidos vivos *in situ*, através da medição da luz refletida ou transmitida por meio de um tecido biológico(HUANG, 1991).

Fercher, Drexler e Hitzenberger (2003) afirmam que a técnica é de particular importância por proporcionar diagnósticos *in vivo*, de modonão invasivo e em tempo real.

A imagem resultante de um corte transversal tecidual possui resolução semelhante à microscopia de luz. Por tal motivo, autores como Farah(2006) denominam a técnica de “biópsia óptica”. Com isso, não há necessidade deexcisão eprocessamento das amostras como nabiópsiaconvencionale histopatologia(HSIEH *et al.*, 2013).



**Figura 02-**Representação esquemática da resolução e profundidade de penetração da técnica de Tomografia por Coerência Óptica em comparação com outras modalidades de imagem.(Fonte: Adaptado de SAMPSON *et al.*, 2004).

As imagens de OCTem2D e 3D possuem resolução em escala micrométrica, aproximando-se a resolução de imagem histopatológica. A técnica tem mostrado eficácia na diferenciação de tecido epitelial *in vivo* entre benigno e maligno, através de uma avaliação quantitativa e qualitativa das imagens. O valor clínico das imagens do OCT depende de fatores óbvios, tais como alta resolução, alta velocidade de obtenção da imagem e contraste adequado para discriminar as diferenças teciduais(WESSEL *et al.*, 2014).

#### **2.4.4 Índice de Refração**

O índice de refração interfere diretamente na obtenção das imagens a partir da técnica de OCT e é decorrente da diferença entre dois meios analisados onde a luz incidida é refletida e espalhada de acordo com as diferenças estruturais presentes no tecido observado. O índice de refração constitui o maior desafio das imagens tomográficas convencionais dos tecidos biológicos(CURATOLO, 2012). Fisicamente, o índice de refração( $\eta$ ) é determinado pela razão entre a velocidade da luz no vácuo (ou no ar) e a velocidade da luz no meio, e é sempre maior que 1.

O índice de refração pode ser obtido no OCT de maneira direta, através da análise do comportamento óptico da absorção e espalhamento na amostra. Além disso, o OCT é sensível o suficiente para discriminar e monitorar alterações no índice de refração de acordo com as mudanças quantitativas da densidade mineral *in vitro*(HARIRI *et al.*, 2013). Para tal análise é utilizado o comprimento do caminho óptico obtido por ter como vantagens a facilidade de operação, rápida medição e alta precisão. Assim, o índice de refração é o resultado da razão entre o aumento no comprimento do caminho óptico induzido pela amostra e sua real espessura(MENG *et al.*, 2009), devido à variação da velocidade da luz no meio.

Outro fato importante são as diferenças espaciais no índice de refração de diferentes constituintes de tecidos analisados que promovem a obtenção do contraste obtido no OCT, permitindo observar diferenças estruturais nas imagens. O índice de refração é proporcional à densidade das células e da estrutura da célula, e, se espera que as imagens de tecido maligno em comparação com o tecido normal sejam diferentes(BISTA *et al.*, 2011).

#### **2.4.5 Aplicações do OCT na Periodontia**

Huang *et al.* (1991) foram pioneiros na utilização da técnica na área da saúde ao demonstrar o imageamento óptico, *in vitro*, da área peripapilar da retina e artéria papilar. Segundo Schimtt (1999), o OCT é um dos poucos instrumentos que exploram os benefícios das propriedades da coerência da luz e tem um extenso histórico de aplicações na área da saúde.

Colston *et al.*(1998a)foram os primeiros a estudar os tecidos da cavidade bucal utilizando o OCT. Em 1998, realizaram estudo preliminar no qualcompararam imagens de tecidos duros e moles da cavidade oral de suínos obtidas utilizando OCT de comprimento de onda de 1310nm (largura de banda espectral de 47 nm e resolução transversal de 20 µm)com fotomicrografias de imagens histológicas com 17 µm de resolução.Os autores constataram a viabilidade da tecnologia óptica na identificação de toda superfície dentária, contorno gengival,interfaces cemento-esmalte e gengiva-dente *in vitro*, mostrando que o OCT tem um grande potencial clínico para pesquisas da etiologia das doenças periodontais.

Em outro estudo, Colston *et al.* (1998b) desenvolveram uma peça de mão para obtenção de imagem *in vivo* de tecidos bucais humanos (apenas três indivíduos), utilizando um sistema de OCT com resolução axial de 15 µm e profundidade máxima de 3 mm em tecidos duros e 1,5 mm em tecido mole.Foi possível visualizar detalhes tanto os tecidos moles quanto dos tecidos duros, tais como: esmalte dental, junção amelodentinária, dentina, gengiva marginal, sulco gengival, ligamento periodontal, osso alveolar, osso mandibular. Ainda observaram apresença de uma restauração em resina e a interface entre o esmalte e a resina. As imagens obtidas demonstraram o variado potencial de aplicações clínicas do OCT.

Otis *et al.* (2000) realizaram imagens de estruturas dentais saudáveis *in vivo* comum sistema de OCT de 1310 nm e profundidade de 3 mm. A varredura por OCT foi realizada através do longo eixo do dente pré-molar próximo à região cervical. As imagens evidenciaram estruturas tais como: tecido periodontal, sulco gengival, epitélio juncional, interface dente-compósito e adaptação marginal das restaurações. Os autores consideraram que o OCT tem a capacidade de revelar detalhes da estrutura dental saudável e quantificar os principais problemas dentários como cáries e restaurações defeituosas. A técnica possui grande potencial para identificar a doença periodontal ativa antes mesmo de ocorrer uma perda óssea alveolar, podendo ser utilizada no acompanhamento da doença ou como uma documentação visual de sua progressão, da resposta à terapia ou ambos.

BAEK *et al.* (2009) relatam que é possível avaliar com precisão alterações do ligamento periodontal mediante forças ortodônticas utilizando o OCT. Neste estudo preliminar os autores estimaram a utilidade da técnica para determinar o movimento dentário sob tração e compressão leves, ao utilizarem forças de distração ortodôntico (0,5, e 10g) aplicadas aos incisivos inferiores de 6 ratos brancos (10 semanas de idade), durante 5 dias, usando molas de loop individualizadas (round Elgiloy, 0.018-de diâmetro, Rocky Mountain Orthodontics, Denver, Colo). Os ligamentos periodontais alterados foram imagedas com OCT e radiografia digital intra-oral bidimensional. As imagens de OCT obtidas permitiram medir ligamentos alterados a partir de todas as direções, diferentemente das radiografias.

De acordo com Xiang *et al.* (2010) a técnica pode ser utilizada com o objetivo de acompanhar a atividade da doença periodontal antes que ocorra significante perda tecidual. E, ainda pode determinar com precisão a localização da inserção do tecido gengival na superfície dentária e reproduzir, com mais fidelidade, a profundidade da bolsa periodontal permitindo um monitoramento da evolução da doença. Outra vantagem em relação ao seu uso se dá pelo fato de que não há necessidade de contato direto com o tecido estudado, não havendo pressão tecidual, fazendo com que o sistema faça mensurações reais do tecido saudável sem caráter invasivo, facilitando o diagnóstico de doenças periodontais precocemente.

Gladkova *et al.* (2011) analisaram a capacidade depolarização cruzada do OCT (CP OCT) no diagnóstico dos tecidos moles bucais em 35 indivíduos com implantes dentários e 30 indivíduos com doenças inflamatórias intestinais, mostraram a capacidade da técnica no diagnóstico de patologias dos tecidos moles da cavidade oral. As imagens obtidas foram comparadas com dados histológicos e demonstraram a capacidade clínica para detectar precocemente doenças inflamatórias do intestino pelo estado da mucosa oral e a visualização precoce da gengiva em indivíduos com fenótipo gengival fino que possuam implante.

Tsai *et al.* (2009) utilizaram um SS-OCT para observar diferentes estágios de carcinogênese oral e concluíram ser possível diagnosticar e diferenciar as fases displásicas e de carcinoma da mucosa oral normal. A técnica permite

também observar a região de epitélio, lâmina própria e a região limítrofe entre as duas camadas em lesões displásicas, assim como suas espessuras. Ainda é possível afirmar que os diferentes estágios do carcinoma epidermóide podem ser diferenciados a partir de comparação da média das constantes de decaimento exponencial do A-scan, aumentando à medida que a lesão aumenta seu potencial de agressão.

Com isso, a técnica é uma boa ferramenta para o diagnóstico periodontal, pois tem profundidade de penetração suficiente e alta resolução. Imagens de OCT são confiáveis para visualizar limites entre tecidos periodontais moles e duros (FELDCHTEIN *et al.*, 1998), garantindo rápida visualização da estrutura superficial do tecido gingival, reproduzindo suas características específicas em diferentes seções da cavidade oral e morfologia das bolsas (XIANG *et al.*, 2010).

#### **2.4.6 Outras Características Relevantes do OCT**

Com a melhoria das características ópticas e evolução do sistema, o OCT demonstra grande potencial na área da saúde, seja em pesquisas ou aplicações clínicas (HSIEH *et al.*, 2013). Com isso, novas alterações funcionais nos sistemas de OCT foram desenvolvidas, tais como o Doppler OCT (D OCT) (YANG *et al.*, 2005), a polarização sensível OCT (PS-OCT) (LOUIE *et al.*, 2010), OCT endoscópico (PAN; XIE; FEDDER, 2010) e OCT acústico (LESAFFRE *et al.*, 2011), no intuito de ampliar sua utilização na saúde e permitir novas aplicações em pesquisas ou na clínica biomédica, a fim de promover um aumento na eficiência diagnóstica pelo OCT.

Porém, ainda existem algumas limitações sobre a popularização do OCT na odontologia. A primeira está relacionada à falta de varredura insuficiente, geralmente devendo vários milímetros no qual centenas ou milhares de fotos podem ser necessárias para captar uma lesão completa. A incorporação de uma sonda óptica dental ao OCT pode superar este problema, já que facilitará o exame dentro de uma lesão ou a concentração em uma área específica rapidamente. Em segundo lugar, a profundidade de penetração limitada restringe o uso clínico, porém se trata de um problema puramente de física que pode ser revertido ao escolher uma fonte de luz de alta qualidade. Contudo essa solução irá aumentar o custo de um sistema de OCT. (HSIEH *et al.*, 2013).



### **3OBJETIVOS**

Os tópicos abaixo descrevem os objetivos do presente trabalho.

#### **3.1 Geral**

Avaliar o desempenho da Tomografia por Coerência Óptica (OCT) na medida da profundidade do sulco gengival de indivíduos com saúde periodontal em comparação com as sondas periodontais tradicionais (Carolina do Norte e Florida Probe).

#### **3.2 Específicos**

- a) Identificar as estruturas do sulco gengival nas imagens obtidas por OCT;
- b) Comparar as medida de profundidade do sulco gengival obtidas com OCT e sonda Carolina do Norte em indivíduos saudáveis;
- c) Comparar as medidas de profundidade do sulco gengival obtidas com OCT e sonda Florida Probe em indivíduos saudáveis;
- d) Identificar e comparar a intensidade de desconforto/ dor associada aos métodos de aferição do sulco gengival;
- e) Registrar e comparar o tempo empregado para captação dos dados em cada técnica.

## 4. METODOLOGIA

Os tópicos abaixo narram a metodologia utilizada no estudo.

### 4.1 Aspectos Éticos

O estudo foi conduzido de acordo com o Código de Ética estabelecido pela resolução número 466/12 do Conselho Nacional de Saúde do Ministério da Saúde, para experimentos em humanos, após aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Pernambuco(Anexo A).Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

### 4.2 Desenho e local do estudo

Foi realizado um estudo do tipo clínico observacional, na Clínica de Atenção Básica da Faculdade de Odontologia de Pernambuco (FOP/UPE)(Anexo C).

A pesquisa foi desenvolvida com apoio do Laboratório de Optoeletrônica e Fotônica do Departamento de Física (DF/UFPE) que disponibilizou o tomógrafo e a sonda computadorizada.

### 4.3 População Alvo e Seleção da amostra

Foram selecionados 23indivíduos de ambos os sexos, com saúde periodontal e presençados dentes anteriores. A população foi constituída por indivíduos provenientes da Clínica de Atenção Básica da FOP/UPE.

A unidade amostral analisada foi o sítio dental (mesio-vestibular, medial e disto-vestibular), totalizando 445 sítios estudados.

Os indivíduos foram selecionados de acordo com os critérios abaixo.

#### 4.3.1 Critérios de Inclusão

- Idade entre 18 a 65 anos;

- Indivíduos com saúde periodontal determinada por profundidade de sondagem  $\leq$  3 milímetros e sangramento à sondagem < 25 %;
- Presença de dentes anteriores.

#### **4.3.2 Critérios de Exclusão**

- Mulheres gestantes;
- Indivíduos analfabetos ou com distúrbios que comprometessem a compreensão ou a adesão aos exames e preenchimento das escalas;
- Utilização de prótese fixa ou móvel, recessão gengival nas faces vestibular ou proximal, restaurações cervicais e utilização de aparelho ortodôntico fixo na região dos dentes anteriores.

#### **4.4 Confecção de Moldeira-guia**

A fim depadronizar o local de captura das imagens do OCT e sondagens, todos os indivíduos foram moldados e moldeiras personalizadas de silicone foram confeccionadas, contendo marcações realizadas com lâmina de bisturi, número 15, em três sítios na face vestibular dos dentes anteriores (mésio-vestibular, medial e disto-vestibular) (Figura 03).

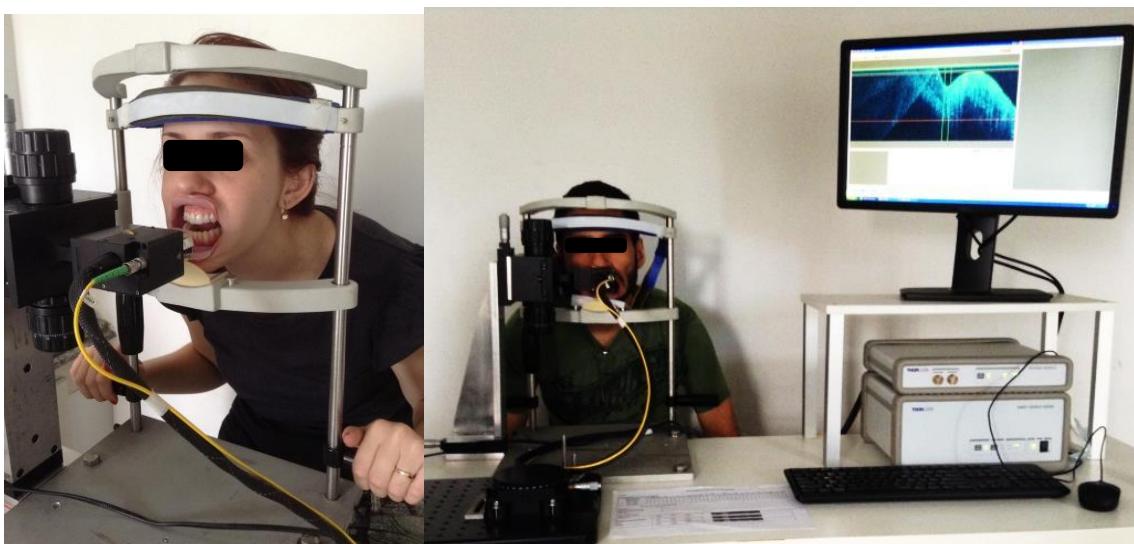


**Figura 03-** Moldeira-guia com delimitação dos sulcos de orientação para padronização e obtenção da profundidade do sulco gengival. (Fonte: Arquivo Pessoal)

#### **4.5 Tomografia por Coerência Óptica**

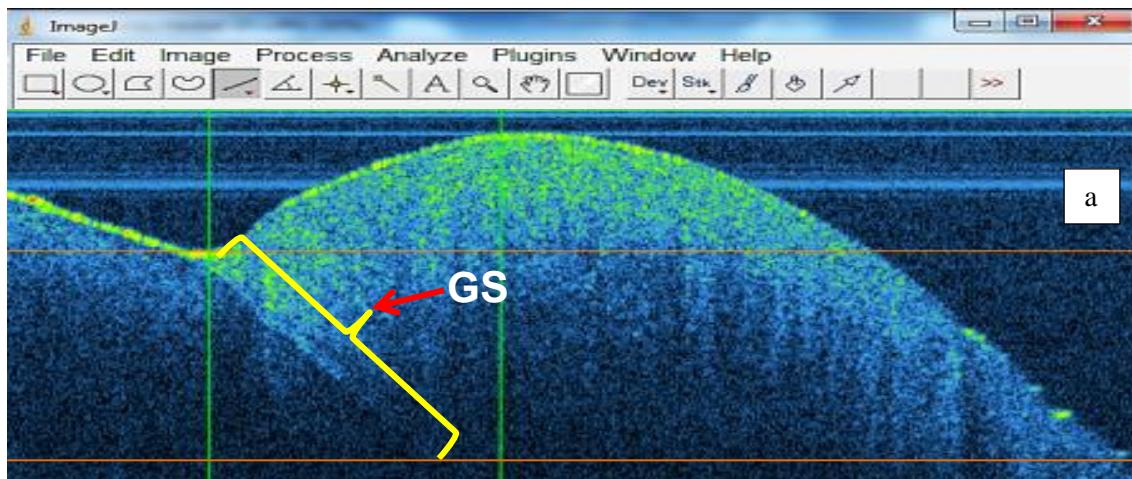
A captura das imagens utilizando o OCT foi sempre o primeiro exame a ser realizado, a fim de diminuir interferências decorrentes do afastamento tecidual proporcionado pela sondagem periodontal. Para realização do exame

com OCT, as moldeiras-guia foram colocadas nos indivíduos, que permaneceram sentados, com a cabeça apoiada em posicionador específico, perpendicular ao foco emissor de luz laser, de modo a padronizar o posicionamento do mento e da glabella para todos os sujeitos da pesquisa. Além disso, utilizou-se um afastador labial para melhor visualização da área a ser estudada (Figura 04). Então, foi realizada a aquisição das imagens referente aos sítios mesio-vestibular, medial e disto-vestibular utilizando o OCT Swept Source de 1325 nm (SS-OCT, Thorlabs, New Jersey, USA). As imagens foram armazenadas em formato jpeg e bitmap.



**Figura 04-** Posição do paciente para aquisição de imagens por Tomografia de Coerência Óptica. (Fonte: Arquivo Pessoal)

Posteriormente, as imagens foram analisadas por dois avaliadores e as profundidades do sulco gengival em milímetros de cada sítio foram obtidas por meio do software Image J (Imaging Processing and Analysis in Java, National Institutes of Health, Bethesda, MD) (Figura 05).



**Figura 05**-Medição da profundidade do sulco gengival (GS) de indivíduos com saúde periodontal em imagem obtida por Tomografia por Coerência Óptica utilizando o Image J.(Fonte: Arquivo Pessoal)

#### 4.5.1 Cálculo do Índice de Refração

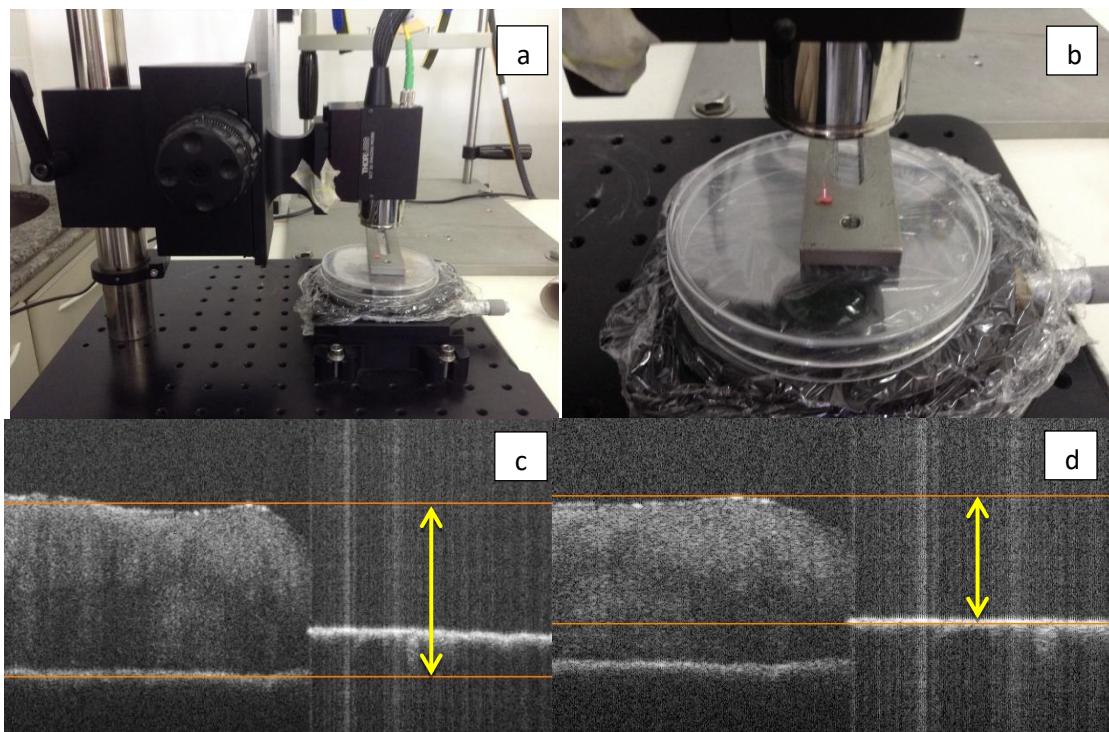
Devido ao fato de que a luz se comporta de maneira distinta frente às diferenças estruturais dos tecidos analisados, e por não ter um índice de refração padrão na literatura para o tecido gengival, foi realizado o cálculo do índice de refração da gengiva através da análise do comprimento do caminho óptico obtido durante o escaneamento por OCT.

Foram utilizadas 19 amostras de tecido gengival saudável medindo 4 x 3 mm, provenientes de doação de indivíduos submetidos à cirurgias periodontais (gengivectomia) na Clínica de Atenção Básica da Faculdade de Odontologia de Pernambuco. A análise de cada amostra foi realizada imediatamente após sua coleta afim de minimizar qualquer interferência sobre o cálculo do índice de refração decorrente da desidratação do tecido, já que o espalhamento da luz é maior na presença de água.

Para medir o índice de refração, a amostra foi posicionada sobre uma placa de metal polida, em seguida, as imagens foram adquiridas (Figura 06 a e b). O índice de refração foi obtido diretamente nas imagens através da medição do aumento do caminho óptico e a espessura real da amostra e cálculo da razão entre elas (Figura 06 c e d).

De posse desses dados, foi calculado o índice de refração para a gengiva e os valores de profundidade de sulco foram corrigidos através de

regra de três simples, já que as imagens dos indivíduos foram obtidas para o índice de refração do ar.



**Figura 06**-Aquisição das imagens para o cálculo do índice de refração gengival (a e b) através da razão entre aumento do caminho óptico (c) e a espessura real da amostra (d). (Fonte: Arquivo Pessoal).

#### 4.6 Sondas Periodontais

Imediatamente após a captura da imagem pelo OCT, o paciente foi submetido ao exame de sondagem periodontal. Foram utilizados dois instrumentos: sonda periodontal manual Carolina do Norte (NC) e sonda computadorizada Florida Probe (FP). A ordem do exame foi determinada por sorteio e houve um intervalo de 10 minutos entre os instrumentos e, também, entre os avaliadores. Assim como no OCT, foram examinados três sítios na face vestibular dos elementos 13, 12, 11, 21, 22, 23, 33, 32, 31, 41, 42 e 43, determinados pela moldeira-guia em posição.

Todos os dados foram registrados em ficha clínica confeccionada para a pesquisa. (Apêndice B).

#### 4.7 Avaliação do Desconforto/Dor e Tempo Clínico

Os indivíduos foram orientados de forma padronizada a registrar a percepção e o nível de desconforto após exames pela Escala Verbal de 4 pontos (VRS-4). Nessa escala, foi solicitado ao paciente escolher uma das opções: nenhum desconforto, desconforto transitório, desconforto permanente ou dor pós-operatória (Figura 07).



**Figura 07 – Escala Verbal de 4 pontos (VRS-4)**

Na presença de dor, o paciente respondeu a uma segunda escala, Escala Numérica da Dor (END) (Figura 08). A dor foi classificada pelo paciente por nota que variou de 0 a 10, sendo 0 ausência total de dor e a 10 a pior imaginável. A dor percebida pode ser classificada em: ausência total de dor (zero), dor leve (1-3); dor moderada (4-7), dor intensa (8-9) e a pior imaginável (10). A escala foi respondida/preenchida imediatamente após o término de cada um dos exames com NC, FP e OCT.



**Figura 08 – Escala Numérica da Dor (END)**

O tempo utilizado para cada exame (NC, FP e OCT) foi registrado em minutos com auxílio de cronômetro digital.

#### 4.8 Análise dos Resultados

As imagens foram analisadas qualitativamente quanto à identificação das seguintes estruturas: margem gengival, superfície dentária, parede do sulco e crista óssea alveolar.

Os dados foram tabulados em planilha Excel (Microsoft Office 2010) e analisados no programa SPSS na versão 18 (*Statistical Package for the Social Sciences*, Chicago, USA).

Foram calculadas as médias e desvio padrão para todos os parâmetros analisados: valor de sondagem, tempo de realização do exame, nível de desconforto/dor durante o procedimento.

A normalidade das medidas foi avaliada através do teste de Kolmogorov-Smirnov e nos casos em que a normalidade estava presente utilizou-se o teste t-student (comparação entre medidas de dois grupos de interesse) e o teste da ANOVA (comparação entre três ou mais grupos). Na ausência de normalidade aplicou-se o teste de Mann-Whitney para comparação das medidas entre dois grupos de interesse e o teste de Kruskall-Wallis para três ou mais grupos de interesse.

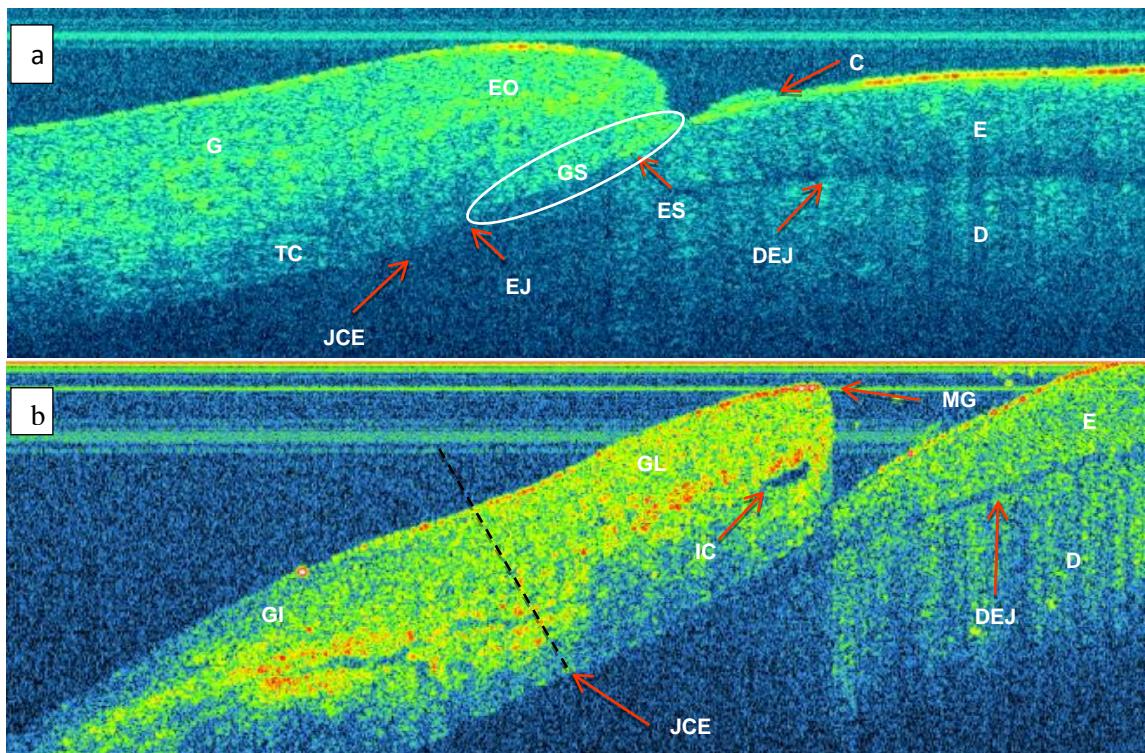
O nível de dor e a prevalência de desconforto/dor foram analisados para cada técnica. Para observar a influência de cada ferramenta foi aplicado o teste Qui-quadrado para independência e nos casos em que as suposições não foram satisfeitas aplicou-se o teste Exato de Fisher. Todas as conclusões foram tiradas considerando o nível de significância de 5%.

## 5RESULTADOS

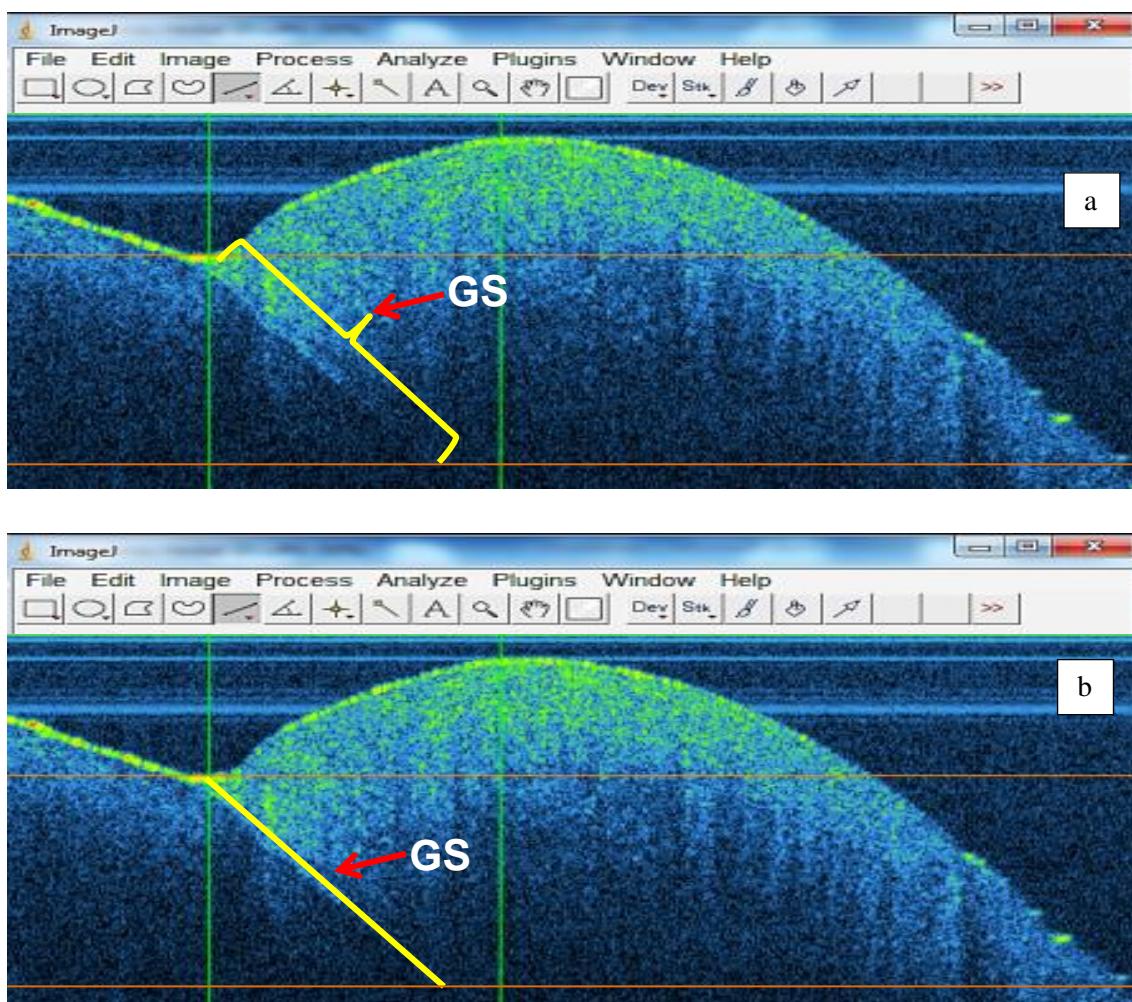
Após avaliação das imagens bidimensionais obtidas por OCT, foi possível observar em todas as imagens estruturas importantes na região periodontal, além da camada de esmalte dentário (E) sobre a dentina (D) e junção amelodentinária (DEJ). A junção amelocementária (JCE) esteve presente em todas as imagens obtidas. O cálculo dental supragengival, quando presente, foi detectado na superfície dental (Figure 09).

A gengiva (G) pode ser identificada com clareza e diferenciada quanto às porções livre (GL) e inserida (GI), decorrente do maior espalhamento da luz presente na região de GL. Ainda foi possível observar na porção gengival (figura 09b) a margem gengival (MG), as regiões de epitélio oral (EO), sulcular (ES), juncional (EJ) e tecido conjuntivo (TC) adjacente a eles. (Figure 09).

O sulco gengival (GS) foi identificado pela delimitação de seus limites, através da diferença de espalhamento decorrente da penetração da luz no tecido gengival e na superfície dental, como pode ser observado nas figuras 9 e 10 pela atenuação da cor verde.



**Figura 09** – Imagem obtida por Tomografia por Coerência Óptica (SweptSource OCT 1325nm) mostrando a distinção entre as estruturas periodontais: G -gengiva; E -esmalte; D -dentina; DEJ–junção amelodentinária; JCE–junção amelocementária; GL–gengiva livre; GI–gengiva inserida; MG –margem gengival; EO –epitélio oral; ES –epitélio sulcular; GS – sulco gingival; EJ–epitélio juncional; CT–tecido conjuntivo; IC –ilhas de tecido conjuntivo; C – cálculo.



**Figure 10** – Determinação(a) e mensuração(b) da profundidade do sulco gengival (GS) de indivíduos com saúde periodontal através da análise de imagens obtidas pela Tomografia por Coerência Óptica utilizando o ImageJ.

Em relação à comparação das profundidades de sondagem obtidas pelas diferentes técnicas, verificou-se que a NC proporcionou maior profundidade média de sondagem, independente do examinador (Tabela 1). Ao compararmos as profundidades médias de sondagem entre os examinadores para o mesmo instrumento, foi observada diferença significativa apenas para a sonda NC ( $p$ -valor = 0,035).

Após realização do teste de comparação da média do total geral, e de cada examinador, foi observada significância ( $p$ -valor < 0,001), indicando que o tipo de instrumento utilizado influencia no valor médio da sondagem calculada. Além disso, a comparação dois a dois da média entre os instrumentos, e em

todas as comparações, mostrou significância estatística indicando que as medidas calculadas pelos instrumentos diferem entre si.

**Tabela 1.** Média e desvio padrão da medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal (em milímetro), segundo o tipo de instrumento e os examinadores.

<b>Tipo de Instrumentos</b>	<b>Número do examinador</b>			<b>Total Geral</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>p-valor<sup>2</sup></b>	
Manual	1,46±0,54	1,40±0,57	0,035	1,43±0,56
Computadorizada	1,25±0,57	1,24±0,59	0,622	1,25±0,58
OCT	0,85±0,27	0,87±0,28	0,423	0,86±0,27
p-valor <sup>1</sup>	<0,001	<0,001	-	<0,001

<sup>1</sup>p-valor do teste de Kruskall-Wallis. <sup>2</sup>p-valor do teste de Mann-Whitney.

O maior tempo utilizado para obtenção dos dados foi verificado para o OCT (Tabela 2) que possui uso odontológico restrito ao âmbito laboratorial, seguido respectivamente pela FP e NC (p-valor < 0,001), ambas de uso comum na clínica odontológica.

**Tabela 2.** Média e desvio padrão da medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal (em milímetro), segundo o tipo de instrumento e os examinadores.

<b>Tipo de instrumento</b>	<b>Tempo de sondagem (em minutos)</b>	<b>p-valor</b>
NC	1,77±0,40	
FP	2,44±1,04	<0,001 <sup>1</sup>
OCT	19,61±8,98	

<sup>1</sup>p-valor do teste de ANOVA (se p-valor < 0,05 as médias diferem significativamente).

O desconforto e a dor provenientes do tipo de instrumento utilizado foram mais frequentes quando a FP foi utilizada (Tabela 3). O teste de

independência foi significativo (*p*-valor = 0,001) indicando que o tipo de instrumento é um fator determinante para a classificação do desconforto/dor.

**Tabela 3.** Distribuição da classificação dodesconforto/dor segundo o tipo de instrumento utilizadopara medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal.

Tipo de instrumento	Classificação do Desconforto/Dor				
	Ausência de dor	Desconforto Transitório	Desconforto Permanente	Dor	<i>p</i> -valor <sup>1</sup>
NC	15(65,2%)	8(34,8%)	0(0,0%)	0(0,0%)	
FP	4(17,4%)	12(52,2%)	3(13,0%)	4(17,4%)	0,001
OCT	23 (100%)	0(0,0%)	0(0,0%)	0(0,0%)	

<sup>1</sup>*p*-valor do teste Exato de Fisher

A FP foi o único instrumento utilizado para medida do sulco gengival de pacientes com saúde periodontal que proporcionou dor durante a sondagem com a média e desvio padrão de  $5,5 \pm 1,0$ .

Apesar do caráter não invasivo do OCT, alguns pacientes (oito) relataram desconforto e dor provenientes da adaptação do equipamento laboratorial para pesquisa clínica odontológica, como a utilização de afastador labial e o posicionamento do paciente em aparato específico.

Os resultados obtidos serão discutidos no decorrer do artigo em anexo.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, I. Anterior dental aesthetics: gingival perspective. **Br Dent J**, v. 199, n. 4, p. 195-202, 2005.
- ALBANDAR, J.M. Global risk factors and risk indicators for periodontal diseases. **Periodontol 2000**, v. 29, p. 177-206, 2002.
- ALBANDAR, J.M.; RAMS, T.E. Global epidemiology of periodontal diseases: An overview. **Periodontol 2000**, v. 29, p. 7-10, 2002.
- ARMITAGE, G.C. Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. **Ann Periodontol**, v.4, n. 1, p. 1-6, 1999.
- BAEK J.H. Optical approach to the periodontal ligament under orthodontic tooth movement: a preliminary study with optical coherence tomography. **Am J OrthodDentofacialOrthop**, v.135, n. 2, p. 252-9, 2009.
- BARENDRGT, D.S. et al. Comparison of two automated periodontal probes and two probes with a conventional readout in periodontal maintenance patients. **Journal of Clinical Periodontology**, v. 33, p. 276-282, 2006.
- BECK, J.D.; LÖE, H. Epidemiological principles in studying periodontal diseases. **Periodontol 2000**, v. 2, p. 34-45, 1993.
- BISTA, R.K. et al. Quantification of nanoscale nuclear refractive index changes during the cell cycle. **Journal of biomedical optics**, v. 16, n. 7, p. 070503-070503-3, 2011.
- BOGHOSSIAN, C.M.S. Manual and electronic probing of the periodontal attachment level in untreated periodontitis: a systematic review. **Journal of Dentistry**, v. 36, p. 651–657, 2008.
- BORRELL, L.N.; PAPAPANOU, P.N. Analytical epidemiology of periodontitis. **J ClinPeriodontol**, v. 32, n. 6, p. 132-58, 2005.
- BREZINSKI, M.E.; FUJIMOTO, J.G. Optical Coherence Tomography: Principles and Applications. **IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Eletronics**, v.05, n.04, p. 1185-1192, ago. 1999.
- BUDUNELI, E. et al. Accuracy and reproducibility of two manual periodontal probes. **Journal of clinical periodontology**, v. 31, n. 10, p. 815-819, 2004.
- COLSTON, B. W. et al. Dental OCT. **Optics Express**, v.03, n.06, p. 230-238, set. 1998.
- COLSTON, B. W.; EVERETT, M.E.; DA SILVA, L.B.; et al. Imaging of hard and soft tissue structure in the oral cavity by optical coherence tomography. **Applied optics**. New York, v. 37, n.16, p. 3582-3585, Jun. 1998a.

- COLSTON, B. W. et al. OCT for diagnosis of periodontal disease. In: **Coherence Domain Optical Methods in Biomedical Science and Clinical Applications II**, p. 52-58. 1998b.
- CORRAINI, P.; BAELUM, V.; LOPEZ, R. Reliability of direct and indirect clinical attachment level measurements. **Journal of clinical periodontology**, v. 40, n. 9, p. 896-905, 2013.
- CURATOLO, A. **Avancéesentomographieoptiqueplein champ pour applications cliniquesetbiologie du développement**. 2012. 139 f. Tese (Doutorado em Óptica Biomédica) – l’Université Pierre et Marie Curie, Paris, 2012.
- DE SOUZA, P.H. et al. Reliability of bleeding and non-bleeding on probing to gingival histological features. **J IntAcadPeriodontol**, v. 5, n. 3, p. 71-76, 2003.
- EICKHOLZ, P. Clinical periodontal diagnosis: probing pocket depth, vertical attachment level and bleeding on probing. **Perio**, v. 1, n. 1, p. 75-80, 2004.
- FAÇÃO M. Interferômetro de Michelson: Princípios e Aplicações. 1999. 71f. Dissertação (Mestrado). Universidade de Aveiro, Aveiro, 1999.
- FARAH M.E. **Tomografia de coerência óptica- OCT- Texto e Atlas**. Rio de Janeiro: Cultura Médica; 2006.
- FELDCHEIN, F. et al. In vivo OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity. **Optics Express**, v. 3, n. 6, p. 239-250, 1998.
- FERCHER, A. F.; DREXLER, W.; HITZENBERGER C. K.. Optical coherence tomography-principles and applications. **Reports on progress in physics**, v. 66, n. 2, p. 239, 2003.
- FUJIMOTO, James G. Optical coherence tomography for ultrahigh resolution in vivo imaging. **Nature biotechnology**, v. 21, n. 11, p. 1361-1367, 2003.
- GARNICK, J.J.; SILVERSTEIN, L. Periodontal probing: probe tip diameter. **Journal of Periodontology**, v. 71, 96-103, 2000.
- GIMBEL, C. Optical coherence tomography diagnostic imaging. **Gen Dent**, v. 56, n. 7, p. 750-7, 2008.
- GLADKOVA, Natalia et al. Cross polarization optical coherence tomography for diagnosis of oral soft tissues. In: **SPIE BiOS**. International Society for Optics and Photonics, 2011.p. 78840V-78840V-6.
- GOLDBERG, P.V; HIGGINBOTTOM, F.L.; WILSON, T.G.J. Periodontal considerations in restorative and implant therapy. **Journal of Clinical Periodontology**, v.25, p.100-109, 2001.
- GROSSI, SG. et al. Sources of error for periodontal probing measurements. **Journal of periodontal research**, v. 31, n. 5, p. 330-336, 1996.

- HALL, A.; GIRKIN, J.M.A review of potential new diagnostic modalities for caries lesions.**Journal of Dental Research**.v.83, n. especial C, p. C89-C94, 2004.
- HARIRI, I. et al. Estimation of the enamel and dentin mineral content from the refractive index.**Caries research**, v. 47, n. 1, p.18, 2013.
- HAUSMANN, E. Radiographic and digital imaging in periodontal practice.**J Periodontol**, v.71, n. 3, p. 497-503, 2000.
- HOLTFRETER, B. et al. Effects of different manual periodontal probes on periodontal measurements. **Journal of clinical periodontology**, v. 39, n. 11, p. 1032-1041, 2012.
- HOU, J.; ROSE, S.T; HINDERS, M.K. Ultrasonic periodontal probing based on the dynamic wavelet fingerprint. **EURASIP Journal on applied signal processing**, v. 2005, n. 7, p. 1137-1146, 2005.
- HSIEH, Y.S. et al. Dental Optical Coherence Tomography.**Sensors**, v. 13, n. 1, p. 8928-8949, 2013.
- HUANG, D. et al. Optical Coherence Tomography. **Science**, v. 254, n. 5035, p. 1178-1181, 1991.
- LANG, N.P. et al. Bleeding on probing as it relates to probing pressure and gingival health. **J ClinPeriodontol**, v. 18, n. 4, p. 257-261, 1991.
- LANZA, M. D.; HENRIQUES, S.E.F.; MARTINS, F.F. Limites cervicais dos preparamos de dentes com finalidade restauradora. In: HENRIQUES S. E. F. **Reabilitação Oral: Filosofia, Planejamento e Oclusão**. São Paulo: Santos, 2003. Cap.11, p.233-49.
- LESAFFRE, M. et al. Theoretical study of acousto-optical coherence tomography using random phase jumps on ultrasound and light. **J. Opt. Soc. Am**, v. 28, p. 1436–1444, 2011.
- LINDHE, J.; LANG, N.P.; KARRING, T. **Tratado de Periodontia Clínica e Implantologia Oral**. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 1304p.
- LYNCH, J.E.; HINDERS, M.K.; MCCOMBS, G.B. Clinical comparison of an ultrasonographic periodontal probe to manual and controlled-force probing. **Measurement**, v. 39, n. 5, p. 429-439, 2006.
- MENG, Z. et al. Measurement of the refractive index of human teeth by optical coherence tomography. **Journal of biomedical optics**, v. 14, n. 3, p. 034010-034010, 2009.
- NANCI, A.; BOSSHARDT, D.D. Structure of periodontal tissues in health and disease.**Periodontol 2000**, v. 40, p. 11-28, 2006.
- NEWMAN, M.G. et al. **Carranza - Periodontia Clínica**. 11. ed. Elsevier, 2012.

- OSBORN, J.B. et al. Comparison of Measurement Variability in Subjects With Moderate Periodontitis Using a Conventional and Constant Force Periodontal Probe\*. **Journal of periodontology**, v. 63, n. 4, p. 283-289, 1992.
- OTIS, L.L. et al. Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry. **J Am Dent Assoc**, v. 131, n. 4, p. 511-4, 2000.
- PAN, Y.T.; XIE, H.K.; FEDDER, G.K. Endoscopic optical coherence tomography based on a microelectromechanical mirror. **Opt. Lett**, v. 26, p. 1966–1968, 2010.
- PEREIRA, J.C.; NETTO, C.A.; GONÇALVES, S.A. **Dentística: Uma Abordagem Multidisciplinar**. Artes Médicas, 2014. 331 p.
- PERRY, D.A. et al. Comparison of a conventional probe with electronic and manual pressure-regulated probes. **Journal of periodontology**, v. 65, n. 10, p. 908-913, 1994.
- PIHLSTROM BL. Measurement of attachment level in clinical trials: Probing methods. **J Periodontol**, v. 63, p. 1072-77, 1992.
- PITIPHAT, W. et al. Use the preexisting radiographs for assessing periodontal disease in epidemiologic studies. **J Public Health Dent**, v. 64, n. 4, p. 223-230, 2004.
- PODOLEANU, A.G. Optical coherence tomography. **The British Journal of Radiology**, v. 78, p. 976-8, 2005.
- POLSON, A.M. et al. Histological determination of probe tip penetration into gingival sulcus of humans using an electronic pressure-sensitive probe. **J ClinPeriodontol**, v. 7, n. 6, p. 479-488, 1980.
- REDDY, M.S.; JEFFCOAT, M. K. Digital subtraction radiography. **Dent Clin North Am**, v. 37, n. 4, p. 553-565, 1993.
- ROCHA, E.F. et al. Variability of the probing depth between conventional and controlled-force periodontal probes. **Salusvita**, v. 22, n. 2, p. 219-27, 2003.
- SANAVI, F.; WEISGOLD, A.S.; ROSE, L.F. Biologic width and its relation to periodontal biotypes. **J Esthet Dent**, v. 10, n. 3, p. 157-63, 1998.
- SCHMITT, J.M. et al. Optical-coherence tomography of a dense tissue: statistics of attenuation and backscattering. **Physics in Medicine and Biology**, v. 39, n. 10, p. 1705-1720, 1994.
- SCHUMAN, J.S. Spectral domain optical coherence tomography for glaucoma (an AOS thesis). **Transactions of the American Ophthalmological Society**, v. 106, p. 426, 2008.
- SIMONS, P.; WATTS, T. Validity of a hinged constant force probe and a similar, immobilised probe in untreated periodontal disease. **Journal of clinical periodontology**, v. 14, n. 10, p. 581-587, 1987.

TOMLINS, P.H.; WANG, R.K. Theory, developments and applications of optical coherence tomography. **Journal of Physics D: Applied Physics**, v. 38, n. 15, p. 2519, 2005.

TSAI, M.T *et al.* Differentiating oral lesions in different carcinogenesis stages with optical coherence tomography. **J. Biomed. Opt.**, v. 14, 2009.

VAN DER ZEE, E.; DAVIES, E.H.; NEWMAN, H.N. Marking width, calibration from tip and tine diameter of periodontal probes. **J ClinPeriodontol**, v. 18, n. 7, p. 516-20, 1991.

WESSELS, R. *et al.* Optical biopsy of epithelial cancers by optical coherence tomography (OCT). **Lasers in medical science**, v. 29, n. 3, p. 1297-1305, 2014.

WILDER-SMITH, P. *et al.* Dental OCT. In: Drexler, W; Fujimoto, J. **Optical Coherence Tomography: Technology and Applications**. Springer, 2009. pp. 1151-1182.

WOJTKOWSKI, M. High-speed optical coherence tomography: basics and applications. **Applied Optics**, v. 49, n. 16, p. D30-D61, 2010.

WOLF, D.L.; LAMSTER, I.B. Contemporary concepts in the diagnosis of periodontal disease. **Dent Clin N Am**, v. 55, n. 1, p. 47-61, 2011.

XIANG, X. *et al.* An update on novel non-invasive approaches for periodontal diagnosis. **J Periodontol**, v. 81, n. 2, p. 186-198, 2010.

YANG, X.D.V. *et al.* Interstitial Doppler optical coherence tomography. **Opt. Lett.**, v. 30, p. 1791–1793, 2005.

ZHANG, L.; HENSON, B.S.; CAMARGO, P.M.; WONG, D.T. The clinical value of salivary biomarkers for periodontal disease. **Periodontol 2000**, v. 51, p. 25-37, 2009.

## **APENDICE A - Article to Journal of Clinical Periodontology**

### COMPARATIVE EVALUATION OF GINGIVAL SULCUS DEPTH BY OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY (OCT) AND PERIODONTAL PROBES IN PERIODONTALLY HEALTHY INDIVIDUALS

Luana Osório Fernandes<sup>a</sup>, Luciana Santos A. de Melo<sup>b</sup>, Manuela U. S. C. Soares<sup>c</sup>, Claudia C. B. Mota<sup>d</sup>, Daniela da Silva Feitosa<sup>e</sup>, Anderson S. L. Gomes<sup>b</sup>.

<sup>a</sup>Graduate Program in Dentistry, Federal University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil

<sup>b</sup>Department of Physics, Federal University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil

<sup>c</sup> Schoolof HealthTechnique - ETESC, Federal University of Campina Grande, Cajazeiras, PE, Brazil

<sup>d</sup> SchoolofDentistry, Associação Caruaruense de Ensino Superior e Técnico, Caruaru, PE, Brazil

<sup>e</sup>Department of Clinical and Preventive Dentistry, School of Dentistry, Federal University of Pernambuco, Recife, PE, Brazil

#### **Key Words**

Optical Coherence Tomography; Gingiva; Periodontal disease; Probing depth; Pain measurement.

#### **Corresponding Author:**

Luana Osório Fernandes - GraduateStudent

Universidade Federal de Pernambuco, PhysicsDepartment

Av. Prof.Luis Moraes Rego, S/N, Cidade Universitária, Recife, Pernambuco, Brazil. CEP 50670-901

Fax: +55-81-32710359

e-mail: luanaosoriof@gmail.com

## Abstract

**Aim:** This study evaluated the performance of Optical Coherence Tomography at 1325 nm as a noninvasive method to measure the gingival sulcus depth of healthy individuals compared to traditional periodontal probes in a clinic environment.

**Materials and methods:** Two observers evaluated the depth of the gingival sulcus of 445 teeth sites in the anterior teeth, both superior and inferior, of the 23 individuals, through three techniques: North Carolina manual periodontal probe (NC), computerized Florida Probe (FP) and Optical Coherence Tomography (OCT). The required gingival refractive index was determined from the analysis on 19 samples from periodontal surgery.

**Results:** The OCT images showed clinically relevant anatomical structures at the assessed area and the corresponding histological sulcus were measured to be  $0.86 \pm 0.27$  mm. The average value obtained for the gum refractive index was  $1.41 \pm 0.06$ . The NC probe resulted in deeper depth values ( $1.43 \pm 0.56$  mm) followed by the FP provided a value of  $1.25 \pm 0.58$  mm sulcus depth.

**Conclusions:** The OCT is a promising method for *in vivo* analysis of periodontal health, enabling accurate and early diagnosis, when compared to the conventional methods. Being noninvasive, its influence on the clinical evaluation is nonexistent, contrary to the use of a periodontal probe.

## Introduction

The periodontal diseases affect much of the world's population and its prevalence appears to vary according to the region of the world, socioeconomic status and ethnicity (Albandar & Rams 2002). The disease is characterized by two major types of clinical manifestations, gingivitis and periodontitis (Armitage 1999).

The diagnosis of periodontal disease is traditionally obtained by clinical examination associated with radiographic examinations (Albandar 2002, Hausmann 2000). The adequate diagnosis of periodontal diseases will guide their treatment plan and prognosis, thus increasing the probability of obtaining therapeutic success.

The periodontal probing is the main method used for periodontal diagnosis (Barendregt et al. 2006). In health tissues, the depth of the sulcus probing is around 2 to 3 mm and a higher value is considered indicative of disease (Nanci & Bosshardt 2006). Several factors may influence the values obtained with the probing, such as those related to the examiner, the instrument or the conditions of the tissues (Van der Zee et al. 1991, Rocha et al. 2003). Errors during probing may lead the clinician to the choice of an inadequate treatment plan (Garnick & Silverstein 2000).

New methods of non-invasive diagnosis through image and using non-ionizing radiation arouse great interest to researchers and clinicians. The Optical Coherence Tomography (OCT) is a diagnostic method for image based on the use of a Michelson interferometer illuminated with a low coherence light source (Fercher et al. 2003). The Michelson interferometer comprises a broadband photon source, whose beam is split into two equal parts, by a beam splitter, one for a mirror of the reference arm and another part for the sample. The light reflected from the mirror and the backscattered light from the sample are recombined in the beam splitter, and measured by an optical detector, whose output is electronically treated to generate the image. The OCT can operate in the time or spectral domain (Drexler & Fujimoto 2008).

The OCT is capable of evaluating hard and soft tissues of the oral cavity and accurately identifies their structural differences (Mota, 2013, Gimbel 2008). Thus, the method was suggested as a resource for early diagnosis and for the monitoring of periodontal disease with higher precision and sensitivity (Otis et al 2000).

The use of OCT as a clinical tool for periodontal screening was proposed in this study. The study investigated the periodontal structures that could be visualized in humans by OCT images. Also its application to measure gingival sulcus depth compared to the measurements obtained by instruments traditionally used, the manual and computerized periodontal probes. Furthermore, the refractive index of *ex vivo* gingival tissue was measured by OCT, in order to properly obtain quantitative results.

## **Material and Methods**

### **Study design and population screening**

In total 23 periodontally healthy participants aged between 18 and 65 years were selected from patients referred to the Graduate Clinic of Pernambuco Dental School, Pernambuco University, Pernambuco, Brazil. Excluding criteria were: anterior tooth loss; smoking; pregnancy; gingival recession, prosthesis, composite restoration or fixed orthodontic appliance in anterior teeth. This observational *in vivo* study was approved by the Ethics Committee of Pernambuco University(858.202/14).

In each patient, only anterior teeth were evaluated. For the selected teeth, 3 buccal sites (mesiobuccal, midbuccal, distobuccal) were recorded, which resulted in 445 sites available for the study.

### **OCT exam**

To perform the OCT examination, the patients remained seated, with the head resting on specific positioner, perpendicular to the focus of the laser guide light emitter. In addition, we used a lip retractor to better expose the anterior teeth (Figure 01). The acquisition of images was performed using the Swept Source OCT at 1325 nm (SS-OCT, Thorlabs, New Jersey, USA), with 12 µm depth resolution and 25 µm lateral resolution, which operates in the spectral domain. The information was stored in jpeg format. Subsequently, the images were analyzed by two observers for each site and probing depths were obtained through the Image J software (Imaging Processing and Analysis in Java, National Institutes of Health, Bethesda, MD).



**Figure 01-** Position the plate and patient for image acquisition by Optical Coherence Tomography.

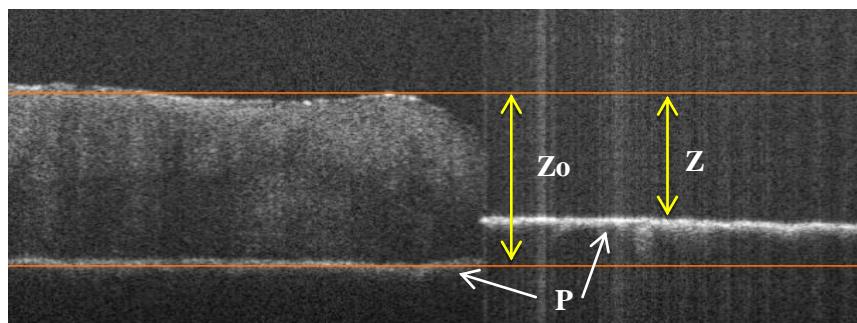
### Gingival sulcus measurements

Gingival sulcus depth was comparatively measured by 3 instruments: 1) Swept Source OCT at 1325 nm (SS-OCT, Thorlabs, New Jersey, USA); 2) computerized probe (Florida probe ref); and 3) manual probe (North Carolina probe, ref da sonda Hu Friedy). The records were performed by two examiners with a 10 minutes interval. To guarantee the sulcus depth records in a standardized position, an individually manufactured acrylic stent was used. Three grooves were made to determine mesiobuccal, midbuccal and distobuccal sites for imaging and probing.

After capture of OCT images, they were transported to Image J software (Imaging Processing and Analysis in Java, National Institutes of Health, Bethesda, MD). The gingival sulcus depth was measured and corresponded to the distance between gingival margin and the area where the backscattering changes. Gingival sulcus was similar to sulcular epithelium dimension.

A slight behavior difference due to structural variations of the analyzed tissues, and in the absence of a standard or average value of gingival tissue in the literature, gum refractive index was obtained. Nineteen samples

from fresh healthy gum tissue measuring 4 x 3 mm, from giving periodontally healthy patients submitted to aesthetical periodontal surgeries in Graduate Clinic of FOP/UPE. According to the procedure of Menget *et al.* (2009), the samples were placed on a polished metal plate, and the OCT images were obtained. The refractive index of the images was acquired directly by measuring the increase in optical path ( $Z_o$ ) with respect to the real thickness of the sample ( $Z$ ) and calculating the ratio between them (Figure 02). The sulcus depth values were corrected by a simpler rule of three, since the images of patients obtained using the refractive index of air.



**Figure 02-** Image analysis obtained by Optical Coherence Tomography to calculate the gingival refractive index through the ratio between the increased the optical path ( $Z_o$ ) and the real thickness of the sample ( $Z$ ), using as reference the basic plate (P).

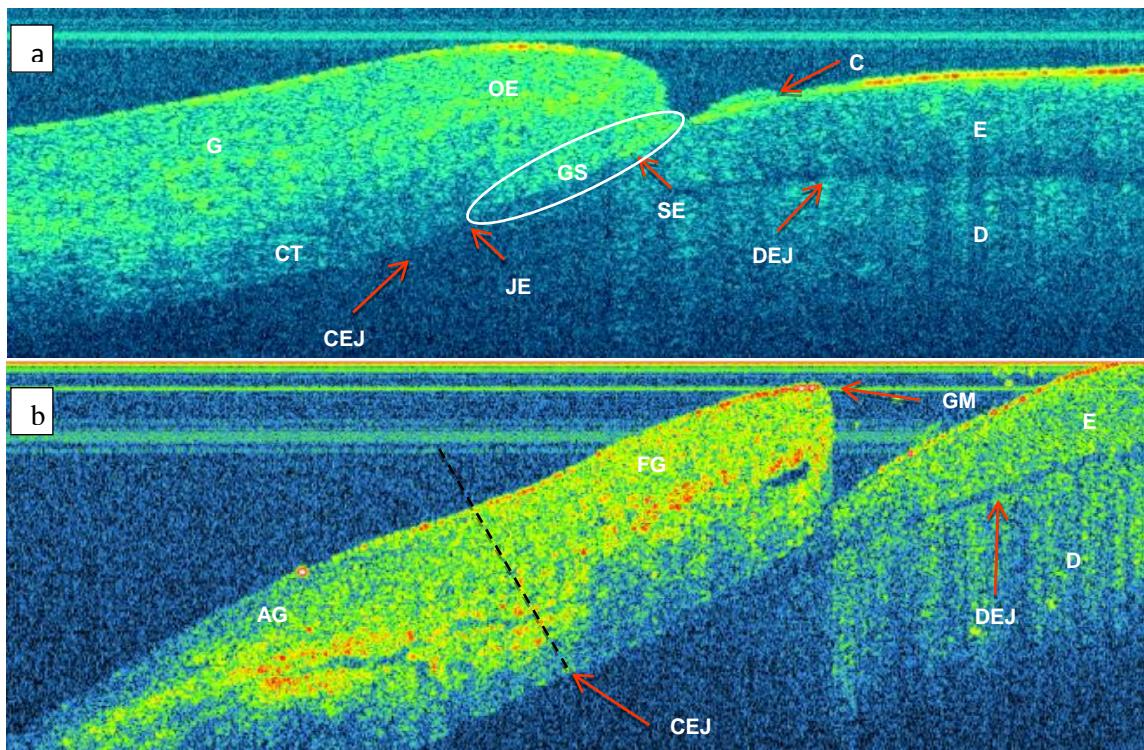
Then sulcus depth records were also obtained by computerized and manual probes. The records were performed by the same examiner with 10 minutes interval. Gingival sulcus depth for both instruments was considered the distance between gingival margin and the base of gingival sulcus during probing.

### Data analysis

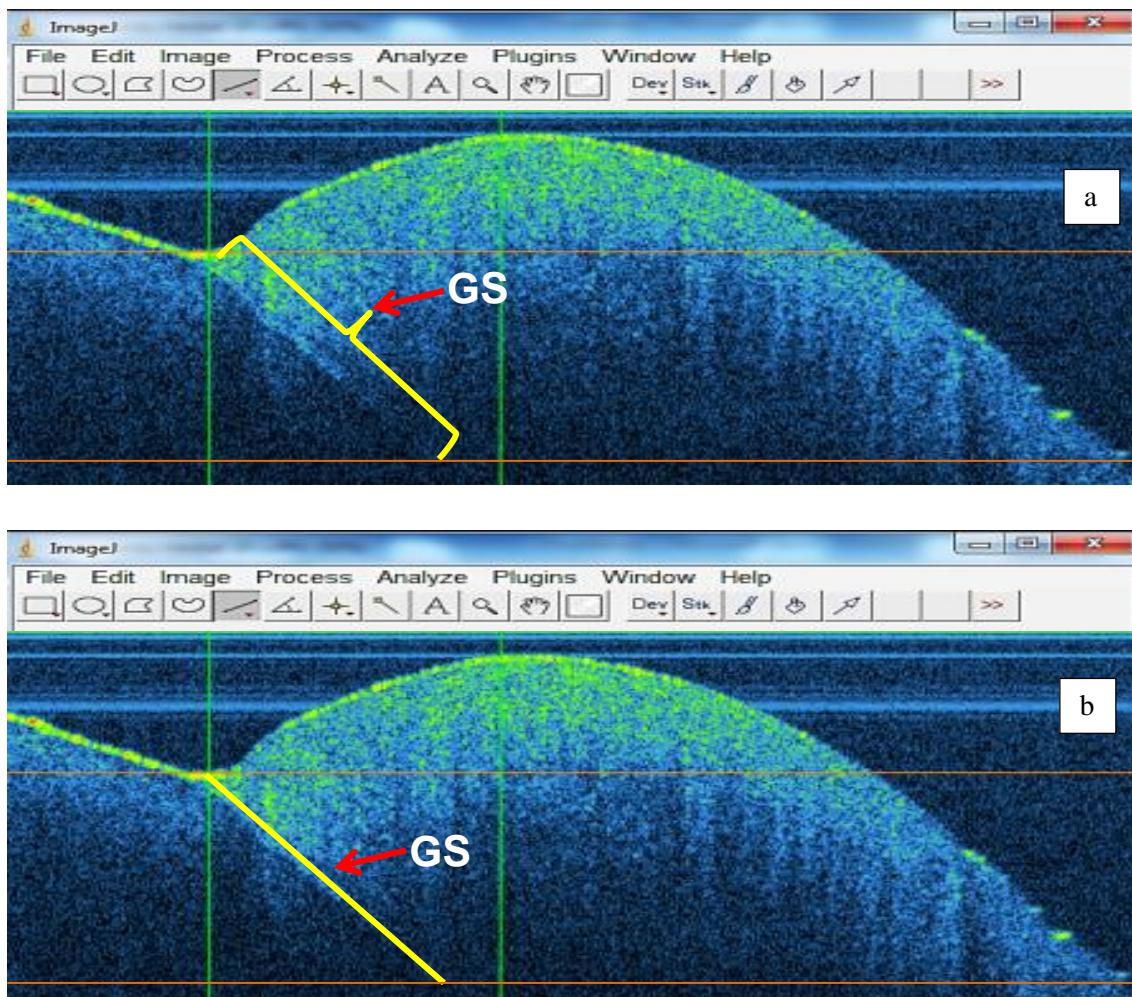
Analyses of gingival sulcus depth measurements for different instruments were performed using the site as the unit of measurements. Differences between instruments were tested using T-student test for comparison between 2 groups and a repeated measures ANOVA for comparison between three groups. Correlation between examiners was tested using Intraclass Correlation Coefficient. The experimental level of significance was determined to be 5 %.

## Results

The analyses of the two-dimensional OCT images allowed us to view relevant anatomical areas of the periodontal region. As seen in figure 3, the dentalenamellayer (E) was showed overlapped to the dentin(D) bydentinoenameljunction (DEJ). The cemento-enamel junction (CEJ) was clearly observed and supragingival calculus (C) was detected whenever present. The gingiva(G) could be differentiated as free gingiva(FG) and attached(AG). AG appeared as higher scattering light areas than FG. Microscopic aspects such as oral (EO), sulcular (SE) and junctionalepithelium(JE), as well as connective tissue (CT) could be discriminated (Figure 3a-b). The gingival sulcus (GS) was delimited by identifying its contours (Figure 3 and 4).



**Figure 03 – Images obtained by Swept Source Optical Coherence Tomography 1325 nm showing the distinction between periodontal structures:** G - gingiva; E - enamel; D - dentin; DEJ – dentino enamel junction; CEJ – cementum enamel junction; GL-free gingiva; AG-attached gingiva; GM - gingival margin; OE - oral epithelium; SE - sulcular epithelium; GS – gingival sulcus; JE-junctional epithelium; CT-connective tissue; C – calculus.



**Figure 04** – Determination(a) and measurement(b) the depthofthe gingival sulcus(GS) of individuals withperiodontalhealthimage obtainedbyOpticalCoherenceTomographyusingImageJ.

The average refractive index value obtained for gingival tissue was  $1.41 \pm 0.06$ . In the present study, this value was used for correction of sulcus depth values measured in OCT's images. In this way, the periodontally healthy participants showed a mean sulcus depth of  $0.85 \pm 0.27$  mm and  $0.87 \pm 0.28$  mm for examiners 1 and 2, respectively (Table 1). The results obtained with the NC and FP probes are also shown in Table 1.

**Table 1.** Mean and standard deviation of sulcus depth in millimeters obtained with manual probe (NC), computerized probe (FP) and Optical Coherence Tomography (OCT)for examiners 1 and 2.

Instruments	Examiner			<b>Total</b>
	1	2	p-value <sup>2</sup>	
NC	1.46±0.54	1.40±0.57	0.035	1.43±0.56
FP	1.25±0.57	1.24±0.59	0.622	1.25±0.58
OCT	0.85±0.27	0.87±0.28	0.423	0.86±0.27
p-value <sup>1</sup>	<0.001	<0.001	-	<0.001

<sup>1</sup>p-values for Kruskall-Wallis test. <sup>2</sup>p-values for Mann-Whitney test. Probing means for each instrument were significantly different, when a two-by-two comparison was performed.

## Discussion

In the present study, the application of SS-OCT 1325 nm was first tested in a standard manner in clinical environment with predictable and reproducible results. OCT images allowed the discrimination between dental structures (enamel, dentin and cement-enamel junction) and macro/microscopic aspects of gingival tissues in periodontally healthy individuals. Qualitative evaluation of hard and soft tissues in the oral cavity had already been documented. Colston *et al.* (1998a) previously documented high-resolution images of *in vitro* porcine periodontal tissues. In addition, Colston *et al.* (1998b) developed a hand-held scanning device and tested the approach in two human volunteers. The device's performance included a discernible CEJ in 64% of the images. Since then, the application of OCT has been suggested by *in vitro* and *in vivo* animal studies (Baeket *et al.*, 2009, Hsieh *et al.* 2011). However, the diminished samples and the controlled environment of laboratory experiments didn't allow confirming that OCT as a useful technique for periodontal exam.

According to OCT acquired images, the average value ( $0.86 \pm 0.27$ ), sulcus measurement demonstrates the technique's ability to analyze the gingival sulcus by approaching the default value of histological sulcus (about 0.69 mm (Ahmad 2005) for healthy tissue. Because OCT actually performs an optical biopsy that provides highly

accurate measurements without interference from factors such as tissue dehydration promoted by formaldehyde, we note that the technique is feasible to be used to set the standard histological sulcus.

The OCT penetration ability is limited by tissues optical properties, such as absorption and scattering (Tomlins & Wang 2005), which depend on their refractive index (Feldchtein et al. 1998). So, it is essential to know the studied media refractive index (Hariri et al. 2012).

Menget et al. (2009) described an alternative method to measure the refractive index in human teeth, by OCT. They obtained the refractive indices of enamel, dentin, and cementum to be  $1.631 \pm 0.007$ ,  $1.540 \pm 0.013$ , and  $1.582 \pm 0.010$ , respectively. The measurements were based on the path length matching method. This method showed to be efficient and practical; therefore it was chosen to be used in this research. We measured  $1.41 \pm 0.06$  as an average value for gingiva refractive index. This result was crucial to ensure the reliability for probing measurements by OCT besides providing a standard of gingival refraction index reference.

Monitoring of clinical measures of periodontal probing is fundamental to the clinical evaluation of periodontal tissues (Huang et al. 2012). The comparison of the average values of periodontal probing obtained by the three techniques showed that the examiner 1 obtained the deepest measurement using NC and FP techniques. This fact is probably related to inherent technical limitations, such as the extent of penetration, the epithelial attachment and probing reproduction (Susini et al. 2005, Xiang et al. 2010).

The only significant difference observed in the NC probing ( $p$ -value = 0.035) could be related to factors as the strength control and the probing pressure by the operator (Ramachandra et al. 2011, Andrade et al. 2012). These findings were similar to Gupta et al (2012), which also obtained more accurate measurements when used the FP probing in comparison to NC probing.

When evaluated OCT images, the examiner 2 showed means higher than those presented by examiner 1, but there was no statistical significance ( $p$ -value = 0.423). From these results, it is concluded that the measurements were identical and showed that it is possible to use the technique for quantitative evaluations, *in vivo*, in the soft tissue of the oral cavity.

Differences observed when OCT measurements were compared to other periodontal probing techniques were attributed to the preservation of tissues, since optical methods do not require direct contact with the tissues and, as a consequence, no pressure is exerted. The technique provides an assessment of healthy tissue without damaging them. The obtained images can be analyzed in different moments, allowing monitoring the evolution of the disease, even before its clinical manifestations.

Although it is a noninvasive technique, some individuals reported discomfort and pain during the image acquisition by OCT. This fact was not related to the light incidence on the tissues, which is a painless procedure. As described by the individuals, it was a consequence of retractors used and positioning for image acquisition, because there is no dental handpiece prototype for OCT commercially available.

In conclusion, we demonstrated that October is able to investigate and identify non-invasively and with good resolution, periodontal structures, calculate the gingival index of refraction of subjects ( $1.41 \pm 0.06$ ), perform quantitative measurements of histological sulcus and compare with conventional techniques. In addition, future studies examining the depth of the histological sulcus, comparing the data obtained by OCT and Histometry are essential to confirm OCT as a technique to set the standard of gingival sulcus. And also it is necessary to carry out studies in patients with periodontal disease in order to demonstrate the applicability of OCT qualitative and quantitative analysis of periodontal tissue. Furthermore, the development of the handpiece suited for OCT that the oral cavity is a big challenge to be overcome, which causes the time procedure comparable to manual probe and also allow making the diagnosis posterior teeth.

## References

- Ahmad, I. (2005) Anterior dental aesthetics: gingival perspective. *Br Dent J*, 199 (4), 195-202.
- Albandar, J. M. (2002). Global risk factors and risk indicators for periodontal diseases. *Periodontology 2000* 29(1), 177-206.
- Albandar, J.M., Rams, T.E. (2002) Global epidemiology of periodontal diseases: An overview. *Periodontol 2000* 29, 7-10.
- Andrade, R., Espinoza, M., Gómez, E. M., Rolando Espinoza, J.,& Cruz, E. (2012). Intra-and inter-examiner reproducibility of manual probing depth. *Brazilian oral research* 26(1) 57-63.
- Armitage, G. C. (1999). Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Annals of periodontology* 4(1), 1-6.
- Baek, J. H., Na, J., Lee, B. H., Choi, E., & Son, W. S. (2009). Optical approach to the periodontal ligament under orthodontic tooth movement: a preliminary study with optical coherence tomography. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics* 135(2), 252-259.
- Barendregt, D.S., Van der Velden, U., Timmerman, M.F. & Van der Weijden, G.A. (2006) Comparison of two automated periodontal probes and two probes with a conventional readout in periodontal maintenance patients. *Journal of Clinical Periodontology* 33, 276-282.
- Canakci, V., &Canakci, C. F. (2007). Pain levels in patients during periodontal probing and mechanical non-surgical therapy. *Clinical oral investigations*, 11(4), 377-383.
- Colston Jr, B. W., Everett, M. J., Da Silva, L. B., Otis, L. L., Stroeve, P., &Nathel, H. (1998 a). Imaging of hard-and soft-tissue structure in the oral cavity by optical coherence tomography. *Applied Optics* 37(16), 3582-3585.
- Colston, B. W., Everett, M. J., da Silva, L. B., & Otis, L. L. (1998 b). OCT for diagnosis of periodontal disease. In *Coherence Domain Optical Methods in Biomedical Science and Clinical Applications II*, v. 3251, 52-58.
- Drexler, W., & Fujimoto, J. G. (2008). *Optical coherence tomography: technology and applications*. Springer.
- Feldchtein, F., Gelikonov, V., Iksanov, R., Gelikonov, G., Kuranov, R., Sergeev, A., & Warren, J. (1998).In vivo OCT imaging of hard and soft tissue of the oral cavity. *Optics Express* 3(6), 239-250.
- Fercher, A. F., Drexler, W., Hitzenberger, C. K., &Lasser, T. (2003).Optical coherence tomography-principles and applications. *Reports on progress in physics* 66(2), 239.

- Fleiss, J. L., Mann, J., Paik, M., Goultchin, J., & Chilton, N. W. (1991). A study of inter and intraexaminer reliability of pocket depth and attachment level. *Journal of periodontal research* **26**(2), 122-128.
- Garnick, J.J. & Silverstein, L. (2000) Periodontal probing: probe tip diameter. *Journal of Periodontology* **71**, 96-103.
- Gimbel, C. (2008). Optical coherence tomography diagnostic imaging. *General dentistry* **56**(7), 750.
- Gupta, N., Rath, S. K., & Lohra, P. (2012). Comparative evaluation of accuracy of periodontal probing depth and attachment levels using a Florida probe versus traditional probes. *Medical Journal Armed Forces India*.
- Hariri, I., Sadr, A., Nakashima, S., Shimada, Y., Tagami, J., & Sumi, Y. (2013). Estimation of the enamel and dentin mineral content from the refractive index. *Caries research*, **47**(1), 18.
- Hausmann, E. (2000). Radiographic and digital imaging in periodontal practice. *Journal of periodontology* **71**(3), 497-503.
- Hefti, A. F. & Preshaw, P. M. (2012) Examiner alignment and assessment in clinical periodontal research. *Periodontology 2000* **59**, 41–60.
- Hsieh, Y. S., Ho, Y. C., Lee, S. Y., Chuang, C. C., Tsai, J. C., Lin, K. F., & Sun, C. W. (2013). Dental Optical Coherence Tomography. *Sensors* **13**(7), 8928-8949.
- Hsieh, Y. S., Ho, Y. C., Lee, S. Y., Lu, C. W., Jiang, C. P., Chuang, C. C., ... & Sun, C. W. (2011). Subgingival calculus imaging based on swept-source optical coherence tomography. *Journal of biomedical optics* **16**(7), 071409-071409.
- Huang, Y., Zhang, K., Yi, W., & Kang, J. U. (2012). In-vivo gingival sulcus imaging using full-range, complex-conjugate-free, endoscopic spectral domain optical coherence tomography. In *SPIE BiOS*, pp. 820804-820804. International Society for Optics and Photonics.
- Khan, S., & Cabanilla, L. L. (2009). Periodontal Probing Depth Measurement: A Review. *Compendium of continuing education in dentistry*, **30**(1).
- Kim, S. H., Hong, K. S., Chung, C. H., & Lim, S. B. (2007). Comparison analysis of pain experienced by patients during periodontal examination using thinner versus thicker probes. *The Journal of the Korean Academy of Periodontology* **37**(2), 193-200.
- Lang, N. P., Nyman, S., Senn, C., & Joss, A. (1991). Bleeding on probing as it relates to probing pressure and gingival health. *Journal of Clinical Periodontology* **18**(4), 257-261.
- Meng, Z., Yao, H., Liang, Y., Li, Y., Lan, S., Wang, G., & Yao, X. S. (2009). Measurement of the refractive index of human teeth by optical coherence tomography. *Journal of biomedical optics* **14**(3), 034010-034010.

- Mota, C. C. B. O., Gueiros, L. A., Maia, A. M. A., Santos-Silva, A. R., Gomes, A. S. L., Alves, F. D. A., ... & Lopes, M. A. (2013). Optical Coherence Tomography as an Auxiliary Tool for the Screening of Radiation-Related Caries. *Photomedicine and laser surgery*, **31**(7), 301-306.
- Nanci, A., & Bosshardt, D. D. (2006). Structure of periodontal tissues in health and disease\*. *Periodontology 2000* **40**(1), 11-28.
- Otis, L. L., Everett, M. J., Sathyam, U. S., & Colston Jr, B. W. (2000). Optical coherence tomography: a new imaging technology for dentistry. *Journal of the American Dental Association (1939)* **131**(4), 511-514.
- Pihlstrom, B. L. (1992). Measurement of Attachment Level in Clinical Trials: Probing Methods\*. *Journal of periodontology* **63**(12), 1072-1077.
- Ramachandra, S. S., Mehta, D. S., Sandesh, N., Baliga, V., & Amarnath, J. (2011). Periodontal probing systems: a review of available equipment. *Compendium of continuing education in dentistry* **32**(2), 71.
- Rocha, E. F., Campanelli, V., Crivelenti, L. A. M., & Joaquim, A. M. C. (2003). Variability of the probing depth between conventional and controlled-force periodontal probes. *Salusvita* **22**(2), 219-27.
- Seabra, R. C., Costa, F. O., Costa, J. E., Van Dyke, T., & Soares, R. V. (2008). Impact of clinical experience on the accuracy of probing depth measurements. *Quintessence international* **39**(7), 559.
- Susin, C., Kingman, A., & Albandar, J. M. (2005). Effect of partial recording protocols on estimates of prevalence of periodontal disease. *Journal of periodontology* **76**(2), 262-267.
- Tomlins, P. H., & Wang, R. K. (2005). Theory, developments and applications of optical coherence tomography. *Journal of Physics D: Applied Physics*, **38**(15), 2519.
- Van der Zee, E., Davies, E. H., & Newman, H. N. (1991). Marking width, calibration from tip and tine diameter of periodontal probes. *Journal of clinical periodontology* **18**(7), 516-520.
- Xiang, X., Sowa, M. G., Iacopino, A. M., Maev, R. G., Hewko, M. D., Man, A., & Liu, K. Z. (2010). An update on novel non-invasive approaches for periodontal diagnosis. *Journal of periodontology* **81**(2), 186-198.

## APÊNDICE B – Instrumento de Coleta de Dados

NOME: \_\_\_\_\_

### Profundidade do sulco gengival

	13			12			11			21			22			23		
INSTRUMENTO	D	C	M	D	C	M	D	C	M	M	C	D	M	C	D	M	C	D
NC Avaliador 1																		
NC Avaliador 2																		
FP Avaliador 1																		
FP Avaliador 2																		
OCT Avaliador 1																		
OCT Avaliador 2																		

	43			42			41			31			32			33		
INSTRUMENTO	D	C	M	D	C	M	D	C	M	M	C	D	M	C	D	M	C	D
NC Avaliador 1																		
NC Avaliador 2																		
FP Avaliador 1																		
FP Avaliador 2																		
OCT Avaliador 1																		
OCT Avaliador 2																		

### Tempo do exame (MINUTOS)

NC	
FP	
OCT	

### Desconforto/Dor

NC	nenhum desconforto	desconforto transitório	desconforto permanente	dor										
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FP	nenhum desconforto	desconforto transitório	desconforto permanente	dor										
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
OCT	nenhum desconforto	desconforto transitório	desconforto permanente	dor										
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

**ANEXO A –Termo de aprovação pelo Comitê de Ética e Pesquisa  
Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Pernambuco**

UNIVERSIDADE DE  
PERNAMBUCO/ PROPEGE/



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** Avaliação comparativa da profundidade de sondagem por tomografia por coerência óptica (OCT) e sondas periodontais

**Pesquisador:** Daniela da Silva Feitosa

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 30543914.0.0000.5207

**Instituição Proponente:** FUNDACAO UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 858.202

**Data da Relatoria:** 03/11/2014

**Apresentação do Projeto:**

Versão 2

**Objetivo da Pesquisa:**

Versão 2

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Versão 2

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

Versão 2

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Versão 2

**Recomendações:**

Versão 2

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Versão 2

**Situação do Parecer:**

Aprovado

Endereço: Av. Agamenon Magalhães, s/nº	CEP: 50.100-010
Bairro: Santo Amaro	
UF: PE	Município: RECIFE
Telefone: (81)3183-3775	Fax: (81)3183-3775
E-mail: comite.etica@upe.br	



UNIVERSIDADE DE  
PERNAMBUCO/ PROPEGE/

[Continuação do Parecer: 858.202](#)

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

#### **Considerações Finais a critério do CEP:**

O Pleno acompanha o parecer do relator.

RECIFE, 05 de Novembro de 2014

**Assinado por:**

**Nelson Rubens Mendes Loretto**  
(Coordenador)

Endereço: Av. Agamenon Magalhães, s/nº  
Bairro: Santo Amaro CEP: 50.100-010  
UF: PE Município: RECIFE  
Telefone: (81)3183-3775 Fax: (81)3183-3775 E-mail: comite.ethica@upe.br

## ANEXO B –Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)

Convidamos V.Sa. a participar da pesquisa ***Avaliação Comparativa da Profundidade de Sondagem por OCT e Sondas Periodontais*** sob responsabilidade do pesquisador ProfªDrª Daniela da Silva Feitosa e sua equipe Luana Osório Fernandes, Érica de Andrade Borges, Manuella Ullmann Silva da Costa Soares, Luciana Santos Afonso de Melo e Patricia Fernandes Cassimiro da Silva, orientado pelo Professor Dr. Anderson Stevens L. Gomes tendo por objetivo avaliar o desempenho da Tomografia por Coerência Óptica (OCT) como uma técnica inovadora indolor que utiliza luz para medir a profundidade do sulco gengival de indivíduos saudáveis em comparação com as sondas periodontais tradicionais.

Para realização deste trabalho usaremos os seguintes métodos: será realizado um exame periodontal, que consistirá de sondagem de todos os dentes para diagnóstico e inclusão no projeto. Posteriormente será realizada uma fotografia da região a ser estudada e, então, uma moldeira-guia será confeccionada para auxiliar na obtenção das medidas com auxílio de uma sonda manual (Carolina do Norte), uma computadorizada (Florida Probe) e a Tomografia por Coerência Óptica (OCT). Além disso, o grau de desconforto/dor será analisado com auxílio de duas escalas de grande reconhecimento científico (Escala Verbal de 4 pontos -VRS4 e Escala Visual Analógica - EVA), assim como o tempo de cada exame será cronometrado. Os dados serão analisados para identificar a viabilidade do uso do OCT, frente às sondas, no estudo do sulco periodontal.

Esclarecemos que manteremos em anonimato, sob sigilo absoluto, durante e após o término do estudo, todos os dados que identifiquem o sujeito da pesquisa usando apenas, para divulgação, os dados inerentes ao desenvolvimento do estudo. Informamos também que após o término da pesquisa, serão destruídos de todo e qualquer tipo de mídia que possa vir a identificá-lo tais como fotos, fichas e questionários, não restando nada que venha a comprometer o anonimato de sua participação agora ou futuramente.

Quanto aos riscos e desconfortos, pode ser verificada a presença de dor ou desconforto inerente ao procedimento de sondagem e possibilidade de constrangimento, já que haverá avaliação da saúde periodontal.

Caso você venha a sentir algo dentro desses padrões, comunique ao pesquisador para que sejam tomadas as devidas providências com acompanhamento minucioso da saúde periodontal.

Os benefícios esperados com o resultado desta pesquisa são a utilização de uma técnica não invasiva e não ionizante como auxiliar na visualização das estruturas periodontais saudáveis de forma indolor e a possibilidade de utilizá-la como auxiliar no diagnóstico das periodontais.

O (A) senhor (a) terá os seguintes direitos: a garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta; a liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento sem prejuízo para si ou para seu tratamento (se for o caso); a garantia de que em caso haja algum dano a sua pessoa (ou o dependente), os prejuízos serão assumidos pelos pesquisadores ou pela instituição responsável inclusive acompanhamento médico e hospitalar (se for o caso). Caso haja gastos adicionais, os mesmos serão absorvidos pelo pesquisador.

Nos casos de duvidas e esclarecimentos o (a) senhor (a) deve procurar os pesquisadores Prof<sup>a</sup>Dr<sup>a</sup> Daniela da Silva Feitosa, Prof. Dr. Anderson Stevens L. Gomes, Luana Osório Fernandes, Érica de Andrade Borges, Manuella Ullmann Silva da Costa Soares, Luciana Santos Afonso de Melo e Patricia Fernandes Cassimiro da Silva, no Departamento de Física da UFPE, Av. Professor Luiz Freire, s/n, Cidade Universitária, 50670-901, Recife-PE, Brasil. Telefone: (081) 2126-2210 / 2270 / 2315.

Caso suas duvidas não sejam resolvidas pelos pesquisadores ou seus direitos sejam negados, favor recorrer ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco, localizado à Av. Agamenon Magalhães, S/N, Santo Amaro, Recife-PE, telefone 81-3183-3775 ou ainda através do e-mail [comite.etica@upe.br](mailto:comite.etica@upe.br).

### **Consentimento Livre e Esclarecido**

Eu \_\_\_\_\_, após ter recebido todos os esclarecimentos e ciente dos meus direitos, concordo em participar desta pesquisa, bem como autorizo a divulgação e a publicação de toda informação por mim transmitida, exceto dados pessoais, em publicações e eventos de caráter científico. Desta forma, assino este termo, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob meu poder e outra em poder do(s) pesquisador (es).

Local: Data: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

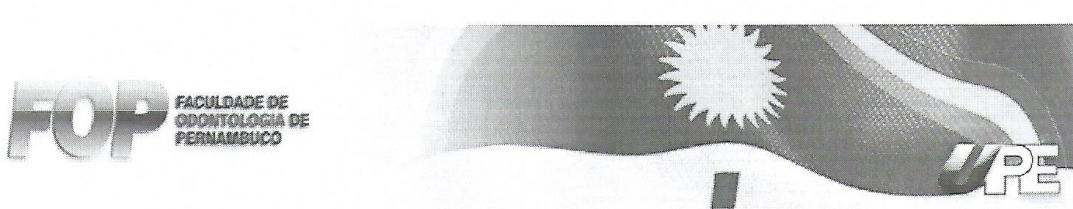
---

Assinatura do Sujeito (ou responsável)

---

Assinatura do pesquisador

## ANEXO C –Carta de Anuênciā



### CARTA DE ANUÊNCIA

*(Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)*

Aceito o(s) pesquisadores Luana Osório Fernandes, Érica de Andrade Borges, Manuella Ullmann Silva da Costa Soares, Luciana Santos Afonso de Melo, Patricia Fernandes Cassimiro da Silva, Claudia Brainer Oliveira Mota, sob responsabilidade do pesquisador principal Profª Drª. Daniela da Silva Feitosa, da Universidade Federal de Pernambuco para desenvolverem sua pesquisa intitulada AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA PROFUNDIDADE DE SONDAGEM POR OCT E SONDAS PERIODONTAIS, sob orientação do Professor Dr. Anderson Stevens L. Gomes.

Ciente dos objetivos e da metodologia da pesquisa acima citada, concedo a anuênciā para seu desenvolvimento, desde que me sejam assegurados os requisitos abaixo:

- O cumprimento das determinações éticas da Resolução nº466/2012 CNS/CONEP,
- A garantia de solicitar e receber esclarecimentos antes, durante e depois do desenvolvimento da pesquisa,
- Não haverá nenhuma despesa para esta instituição que seja decorrente da participação dessa pesquisa,
- No caso do não cumprimento dos itens acima, a liberdade de retirar minha anuênciā a qualquer momento da pesquisa sem penalização alguma.

Recife, 24 de junho de 2014.

---

Emanuel Sávio de Souza Andrade  
Diretor da FOP/UPE