

SERGIO LINS DE AZEVEDO VAZ

**“EXATIDÃO DE FILTROS DE IMAGEM NA AVALIAÇÃO
RADIOGRÁFICA DO NÍVEL ÓSSEO PERI-IMPLANTAR”**

PIRACICABA

2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA

SERGIO LINS DE AZEVEDO VAZ

**EXATIDÃO DE FILTROS DE IMAGEM NA AVALIAÇÃO
RADIOGRÁFICA DO NÍVEL ÓSSEO PERI-IMPLANTAR**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA À
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
MESTRE EM RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA, NA
ÁREA DE RADIOLOGIA ODONTOLÓGICA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Paulo Sérgio Flores Campos

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

DEFENDIDA PELO ALUNO, E ORIENTADA PELO PROF. DR. PAULO SÉRGIO FLORES CAMPOS

Assinatura do Orientador

PIRACICABA, 2012

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
MARILENE GIRELLO – CRB8/6159 - BIBLIOTECA DA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA DA UNICAMP

V477e Vaz, Sergio Lins de Azevedo, 1984-
Exatidão de filtros de imagem na avaliação radiográfica do
nível ósseo peri-implantar / Sergio Lins de Azevedo Vaz. --
Piracicaba, SP : [s.n.], 2012.

Orientador: Paulo Sérgio Flores Campos.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas,
Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Implantes dentários. 2. Perda óssea alveolar. 3.
Periimplantite. 4. Radiografia dentária digital. 5. Intensificação de
imagem radiográfica. I. Campos, Paulo Sérgio Flores. II.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia
de Piracicaba. III. Título.

Informações para a Biblioteca Digital

Título em Inglês: Accuracy of enhancement filters in measuring *in-vitro*
periimplant bone level

Palavras-chave em Inglês:

Dental implants

Alveolar bone loss

Peri-implantitis

Radiography, Dental, Digital

Radiographic image enhancement

Área de concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Mestre em Radiologia Odontológica

Banca examinadora:

Paulo Sérgio Flores Campos [Orientador]

Gilberto Aparecido Coclete

Deborah Queiroz de Freitas

Data da defesa: 16-03-2012

Programa de Pós-Graduação: Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Dissertação de Mestrado, em sessão pública realizada em 16 de Março de 2012, considerou o candidato SERGIO LINS DE AZEVEDO VAZ aprovado.

A handwritten signature in cursive script, reading "Paulo Sérgio Flores Campos".

Prof. Dr. PAULO SÉRGIO FLORES CAMPOS

A handwritten signature in cursive script, reading "Gilberto Aparecido Coclete".

Prof. Dr. GILBERTO APARECIDO COCLETE

A handwritten signature in cursive script, reading "Deborah Queiroz de Freitas".

Profa. Dra. DEBORAH QUEIROZ DE FREITAS

Aos meus pais

por incentivarem, cada um à sua maneira,
minhas escolhas e objetivos profissionais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar, abençoar e direcionar os meus caminhos em todos os momentos de minha vida. Obrigado por fazer esta trajetória acontecer exatamente como o fez.

À minha mãe, **Luciana Carla Lins Ribeiro da Costa**, anjo iluminado que está comigo em todos os momentos. Obrigado por incentivar-me ao estudo desde sempre! Obrigado pelo exemplo diário de determinação e amor incondicional! Ao meu pai, **Sérgio de Azevedo Vaz**, pelo apoio na construção de meus sonhos. À minha irmã, **Laiza Lins de Azevedo Vaz**, grande amiga e companheira de toda a vida.

Aos meus avós, **Tereza de Lisieux Ribeiro da Costa** e **José Ribeiro da Costa** (*in memorium*), por terem construído a família incrível que temos. À minha madrinha, **Ana Inês Lins Ribeiro da Costa**, pelos valores éticos e suporte. À tia “**Teté**” **Lins Ribeiro da Costa**, pelo maior exemplo de dedicação ao magistério.

À minha única e grande família, tios e primos, pelo amor e união eternos.

À Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), na pessoa do Magnífico Reitor **Prof. Dr. Fernando Ferreira Costa**.

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba da Universidade Estadual de Campinas, na pessoa de seu Diretor, **Prof. Dr. Jacks Jorge Júnior**.

Ao meu orientador, **Prof. Dr. Paulo Sérgio Flores Campos**, pelos ensinamentos transmitidos, disponibilidade em sanar dúvidas e sugerir correções a este trabalho. Muito obrigado pela confiança e direcionamento nesta jornada.

Aos **Prof. Dr. Frab Norberto Boscolo, Prof.ª Dr.ª Solange Maria de Almeida, Prof.ª Dr.ª Luciana Asprino, Prof. Dr. Gilberto Aparecido Coclete e Prof.ª Dr.ª Deborah Queiroz de Freitas** pelas modificações sugeridas a este trabalho no exame de qualificação e defesa de dissertação.

Ao **Prof. Dr. Francisco Haiter Neto**, por ensinar diariamente que a possibilidade pode se tornar realidade. Obrigado por exigir a excelência de seus alunos!

À **Prof.ª Dr.ª Liliana Aparecida Pimenta de Barros, Prof.ª Dr.ª Rosa Maria Lourenço Carlos Maia e Prof.ª Dr.ª Tânia Regina Grão Velloso**, que me incentivaram a percorrer o caminho acadêmico desde um programa de monitoria na outrora disciplina Patologia e Diagnóstico Oral. Muito obrigado pela confiança.

Ao **Prof. Dr. Hudson Carneiro de Paula e Prof.ª Dr.ª Tereza Cristina Rangel Pereira** por apoiarem minha vinda a esta respeitada instituição.

Àqueles que guiaram minha caminhada na Universidade Federal do Espírito Santo, em especial à **Prof. Dr.ª Lúcia de Fátima Emery Paixão Ferreira, Prof.ª Dr.ª Maria Helena Monteiro de Barros Miotto, Prof. Dr. Alfredo Feitosa e Prof. Dr. Francisco Carlos Ribeiro**. Agradeço, também, a todos os meus colegas de graduação.

Aos professores do curso de especialização em Radiologia Odontológica e Imaginologia da Fundect - USP, **Prof. Dr. Cesar Ângelo Lascala, Prof. Dr. Jefferson Xavier de Oliveira e Prof. Dr. Marcelo de Gusmão Paraíso Cavalvanti**, pelos ensinamentos.

À **Dra. Tereza Júlia Pacheco Heringer**, grande responsável pela minha iniciação na Radiologia Odontológica. Agradeço também à **Dra. Vanessa Mansk Pitanga e Dra. Liliane Loureiro Moro Celestino** pela oportunidade de vivenciar a especialidade.

Aos técnicos e funcionários da Clínica de Radiologia Odontológica da FOP-UNICAMP, **Waldeck, Fernando e Giselda**, e à nossa super-secretária **Lú**, pela dedicação em auxiliar e atender a todos os alunos da pós-graduação.

Aos meus irmãos de Piracicaba **Karla Rovaris da Silva, Phillipe Nogueira Barbosa Alencar, Yuri Nejaim, Anne Caroline Costa Oenning, Karla de Faria Vasconcelos, Pedro Henrique Freitas, Amaro Ilídio Vespasiano Silva, Gabriella Lopes de Rezende Barbosa e Taruska Ventrini Vasconcelos** por fazerem desta fase uma das mais especiais de minha vida, pela evolução e crescimento pessoal; por se tornarem amigos para toda a vida.

Ao colega **Frederico Sampaio Neves**, pelo auxílio fundamental na elaboração deste trabalho.

Aos colegas da Radiologia **Débora Duarte Moreira, Gina Delia Roque Torres, Thiago de Oliveira Gamba, Amanda Maria Medeiros de Araujo, Bruno Frazão Gribel, Carla Beatriz Klamt, Carolina Cintra Gomes, Daniela Brait Silva Ladeira, Débora de Melo Távora, Isabela Maria de Carvalho Crusoé Silva, Laura Ricardina Ramírez Sotelo, Luciana Barreto Vieira Aguiar, Manuella Dias Furtado Belém, Marco Antonio Gomes Frazão, Maria Beatriz Carrazzone Cal Alonso, Matheus Lima de Oliveira, Monikelly do Carmo Chagas do Nascimento e Saulo Leonardo Sousa Melo**, pelo convívio e aprendizado diário.

Aos amigos e colegas da Pós-graduação **Andréa Araújo, Camilla Borges, Cíntia Pimenta de Araújo, Gabriela Mayrink, Lucinha Trazzi Pietro, Naiara Ferreira de Paula, Sabrina Nogueira de Moraes, Valdir Andrade** e demais, pelos momentos de descontração e ajuda.

Ao colega **Evandro Portela**, pela instalação dos implantes utilizados nesta pesquisa.

Ao amigo **Umberto Demoner Ramos** por imagens cedidas para a aula e auxílio na solução de dúvidas sobre o tema.

Aos amigos **Adelizi, Alice, André, Arthur, Gustavo, Ricardo, Suzana e Vagner**, por me apoiarem desde o início e por entenderem minha ausência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal (**CAPES**) pela bolsa de Mestrado concedida.

À **Neodent** e ao **Instituto Latino-Americano de Pesquisa e Ensino Odontológico (ILAPEO)** por fornecer o material utilizado nesta pesquisa.

*“O correr da vida embrulha tudo.
A vida é assim: esquentada e esfria, aperta
e daí afrouxa, sossega e depois
desinquieta.
O que ela quer da gente é **coragem**.”*

(João Guimarães Rosa)

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi identificar a exatidão de alguns filtros de imagem na mensuração do nível ósseo peri-implantar, por meio da radiografia digital. Para isso, vinte implantes de titânio (Titamax, Neodent, Curitiba, PR, Brasil) foram instalados em seis fragmentos de costelas bovinas, nas quais foram criados defeitos do tipo perda óssea. Utilizando um sistema intra-bucal de placas de fósforo (Vista Scan, Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Alemanha), radiografias periapicais foram realizadas posicionando os implantes segundo a técnica do paralelismo. Após a obtenção das imagens, nove filtros do software DBSWIN foram aplicados: *fine*, *caries 1*, *caries 2*, *perio*, *endo*, *noise reduction*, *invert*, *emboss* e *sculpture*. Um avaliador mensurou as distâncias entre o ombro do implante à porção mais apical do defeito no software *Image J*. Os defeitos também foram mensurados nas costelas bovinas utilizando um paquímetro digital. O teste não-paramétrico de *Friedman* comparou os valores obtidos nas imagens com aplicação dos filtros aos encontrados nas imagens originais e nas costelas bovinas, adotando nível de significância de 5%. Os resultados mostraram diferenças estatisticamente significantes para os filtros *caries1*, *caries2*, *endo* e *perio* ($P < 0.05$) tanto em relação às imagens originais, quanto em relação às mensurações obtidas com o paquímetro. As mensurações obtidas com as imagens originais, filtros *fine* e *emboss* foram mais próximas às obtidas com o paquímetro. Concluiu-se que os filtros *fine* e *emboss* foram os mais exatos na mensuração do nível ósseo peri-implantar, sendo equiparáveis às imagens originais. Os filtros *caries1*, *caries2*, *endo* e *perio* foram os menos exatos, não sendo indicados para este fim.

Palavras-chave: Implantes dentários, perda óssea alveolar, peri-implantite, radiografia dentária digital, intensificação de imagem radiográfica

ABSTRACT

This study aimed to identify the accuracy of some enhancement filters of an intraoral phosphor-plate system for measuring the simulated periimplant bone level. Twenty titanium implants (Titamax, Neodent, Curitiba, PR, Brazil) were placed into six fragments of bovine ribs and defects simulating bone loss were created. Periapical radiographs were taken with a phosphor-plate system (Vista Scan, Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Germany) according to the paralleling standard technique, and nine enhancement filters were applied: fine, caries 1, caries 2, perio, endo, noise reduction, invert, emboss and sculpture. An oral radiologist measured on the Image J software the distance from the neck of the implant to the most apical contact of the bone with the implant. The Friedman non-parametric test compared the radiographic measurements to those obtained on the bovine ribs with a digital caliper. The significance level adopted was 5%. The caries1, caries2, endo, and perio filters resulted on measurements statistically different from both the original images and the measures of the digital caliper ($P < 0.05$). In conclusion, the fine and emboss filters resulted on the most precise filters, with similar measures to the original images. The caries1, caries2, endo, and perio filters were the less accurate for measuring the periimplant bone level.

Keywords: Dental implants, alveolar bone loss, peri-implantitis, digital dental radiography, radiographic image enhancement

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	1
REVISTA DA LITERATURA	4
PROPOSIÇÃO.....	14
CAPÍTULO 1: Accuracy of enhancement filters in measuring <i>in-vitro</i> periimplant bone level.....	15
CONCLUSÃO.....	28
REFERÊNCIAS	29
ANEXO 1: Aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo CEP da FOP-UNICAMP.....	38
ANEXO 2: Carta de confirmação da submissão do artigo intitulado “Accuracy of enhancement filters in measuring in-vitro periimplant bone level” ao periódico <i>Clinical Oral Implants Research</i>	39

1. INTRODUÇÃO

A perda dentária, de etiologia diversa, constitui-se numa das principais desordens a serem tratadas pela Odontologia moderna. O plano de tratamento pode incluir próteses unitárias, parciais ou totais, associadas ou não aos implantes dentários.

A Implantodontia encontra-se em evidência tanto pela evolução técnico-científica, quanto pelo *marketing* associado. A reabilitação oral com implantes osteointegrados tem ocorrido com maior frequência nas últimas duas décadas. Esse fenômeno resulta do efeito combinado de diversos fatores, incluindo: aumento da expectativa de vida, consequência de falhas da prótese fixa, consequências anatômicas do edentulismo, próteses removíveis com resultados insatisfatórios, aspectos psicológicos da perda dentária, vantagens das reabilitações implanto-suportadas e o crescimento da conscientização pública (Misch, 2008).

Assim, a reabilitação oral com implantes tem se estabelecido como uma modalidade de tratamento segura, com sólidos resultados em longo prazo (Albrektsson *et al.*, 1986; van Steenberghe *et al.*, 1990; Lindquist *et al.*, 1996; Weber *et al.*, 2000; Leonhardt *et al.*, 2002). Historicamente, Albrektsson *et al.* (1986) baseou o sucesso do tratamento nas seguintes características: imobilidade clínica, mínima perda óssea alveolar ao longo do tempo, ausência de inflamação persistente ou radiolucências peri-implantares. Em conferência promovida pelo Congresso Internacional de Implantodontia Oral (ICOI), determinantes de sucesso ou insucesso do tratamento foram definidos com base na sintomatologia, mobilidade do implante, perda óssea e presença de exsudato (Misch *et al.*, 2008).

O insucesso do tratamento pode ocorrer precoce ou tardiamente. As falhas precoces resultam de eventos que podem atrasar ou impedir a osteointegração, tais como: impróprio preparo cirúrgico do sítio, resultando em dano ao tecido ósseo; contaminação bacteriana e inflamação, que podem atrasar a cicatrização dos tecidos moles e duros; estabilidade mecânica insuficiente após instalação; além de reabilitação

protética prematura. As falhas tardias ocorrem durante ou após a osteointegração e estão, em geral, associadas às doenças peri-implantares (Lindhe, 2010).

A correta determinação da interface osso/implante e da relação da altura óssea alveolar com a porção coronária do implante é crucial, especialmente no primeiro ano de carga funcional, período em que foi demonstrado um alto índice de insucesso e perda óssea decorrente de peri-implantite (Misch, 2008). Sendo assim, a avaliação radiográfica pós-operatória periódica torna-se de fundamental importância na determinação do nível ósseo peri-implantar, que pode sofrer alterações após episódios de peri-implantite ou, ainda, de maneira fisiológica.

A radiografia digital possui algumas vantagens sobre a convencional, sendo a eliminação do processamento radiográfico químico e a rapidez na aquisição da imagem características de destaque e importância para o cirurgião-dentista implantodontista (Wenzel & Møystad, 2010). Salvi & Lang (2004) afirmaram que a radiografia digital têm mostrado uma melhora na acurácia do diagnóstico peri-implantar, detectando mínimas alterações teciduais peri-implantares. Consequentemente, o uso da imagem digital tem se expandido na Implantodontia, auxiliando a monitorar o reparo tecidual peri-implantar, bem como a manutenção, redução ou aumento do nível ósseo alveolar.

O pós-processamento das imagens radiográficas refere-se ao seu melhoramento digital através da aplicação de algoritmos matemáticos. Dentre as ferramentas disponibilizadas nos *softwares* dos sistemas digitais, encontram-se os filtros de imagem, destinados a alterar características específicas das imagens radiográficas, objetivando facilitar o diagnóstico de determinadas condições.

Embora a literatura apresente evidências sobre a contribuição dos filtros no diagnóstico de lesões cariosas, fraturas radiculares, defeitos ósseos periodontais, bem como na qualidade subjetiva da imagem; pouca informação quanto à sua influência na avaliação das condições peri-implantares está disponível (Lindhe, 2010).

Este trabalho foi realizado no formato alternativo, conforme deliberação número 002/06 da Comissão Central de Pós-Graduação (CCPG) da Universidade Estadual

de Campinas (UNICAMP), que permite a inclusão de artigos já publicados ou submetidos para publicação em revistas científicas como capítulos da dissertação.

2. REVISTA DA LITERATURA

2.1. Doenças Peri-implantares

As doenças peri-implantares referem-se a alterações inflamatórias – mucosite peri-implantar e peri-implantite – que afetam os tecidos peri-implantares sob função, ou seja, após receberem a prótese implanto ou muco-implanto suportada. A mucosite peri-implantar descreve uma lesão inflamatória que reside na mucosa, enquanto a peri-implantite afeta também o osso de suporte (Lindhe *et al.*, 2008).

Mucosite peri-implantar é um termo utilizado para descrever as alterações inflamatórias reversíveis que podem ocorrer na mucosa adjacente a um implante, quando na presença de acúmulo de placa bacteriana. Clinicamente, apresenta sangramento dos tecidos marginais, especialmente à sondagem (Adell *et al.*, 1986; Nishimura *et al.*, 1997). Estudos demonstraram que os mecanismos envolvidos na patogênese, bem como a composição e quantidade da placa bacteriana relacionados à mucosite peri-implantar são os mesmos da gengivite (Pontoriero *et al.*, 1994; Hardt *et al.*, 2002; Salvi *et al.*, 2012).

Entretanto, há um consenso na literatura a respeito da diferente conformação celular da mucosa peri-implantar, que possui um menor número de fibroblastos e menor vascularização que a gengiva (Zitzmann *et al.*, 2001). Essa diferença determina um menor potencial reparativo da mucosa peri-implantar frente a processos inflamatórios, resultando em maior facilidade de progressão da doença para a peri-implantite (Lang *et al.*, 2011).

As alterações no nível ósseo peri-implantar podem estar relacionadas à peri-implantite - processo inflamatório que afeta os tecidos ao redor de um implante osteointegrado em função. Clinicamente, além da perda óssea, pode ser observada a presença de bolsas peri-implantares e drenagem purulenta (Lindhe, 2010). A prevalência estimada encontra-se entre 2% a 10% (Esposito *et al.*, 1998; Mombelli & Lang, 1998).

A peri-implantite resulta da progressão da mucosite peri-implantar, sendo considerado fator etiológico primário o acúmulo de placa bacteriana. Deve-se levar em conta, entretanto, que a peri-implantite também pode ser iniciada ou mantida por fatores iatrogênicos como excesso de cimento, próteses com sobrecontorno, mau posicionamento do implante, dentre outras complicações técnicas (Lindhe, 2010).

Estudos clínicos têm indicado que a perda óssea peri-implantar pode estar associada ao excesso de carga oclusal (Lindhe, 2010). O osso na região de crista óssea alveolar está sujeito a alto estresse e, quando há excessiva concentração de forças oclusais, podem ocorrer reabsorções. Esse fenômeno é tido como predictor de falha do tratamento (Appleton *et al.*, 2005). Dessa forma, a literatura refere que as atuais evidências científicas ainda são prematuras para encorajar os protocolos de carga imediata (Lang *et al.*, 2011). Na etiologia da perda óssea peri-implantar são considerados, ainda, fatores secundários como a idade do paciente, tabagismo e dimensões do implante (Peñarocha *et al.*, 2004).

O padrão de progressão da inflamação na peri-implantite é diferente daquele que ocorre na doença periodontal. As periodontites associadas à placa apresentam um tecido conjuntivo que limita as lesões, enquanto nas peri-implantites as lesões envolvem também o osso alveolar. Devido à organização tecidual e potencial de resolução inferiores aos da periodontite, a peri-implantite pode evoluir rapidamente à perda do implante (Ericsson *et al.*, 1996; Gotfredsen *et al.*, 2002). Além disso, a maior proporção de macrófagos e neutrófilos nas peri-implantites resulta em expressão mais agressiva da doença em um período de tempo mais curto, quando comparada à periodontite. Em contraste com as periodontites, as peri-implantites exibem, portanto, sinais de inflamação aguda com grande quantidade de osteoclastos na superfície do osso cortical (Lang *et al.*, 2011).

A destruição óssea decorrente da peri-implantite inicia-se pela região marginal do ombro do implante, gerando defeitos ósseos do tipo cratera, visíveis

radiograficamente. A partir daí, caso a doença seja controlada, a estabilidade do implante pode ser mantida (Lindhe, 2010).

As alterações no nível ósseo peri-implantar também ocorrem de maneira fisiológica, como resultado do processo cicatricial ou quando o implante está em função. No período de cicatrização e remodelação, iniciado a partir da instalação da prótese, com duração de cerca de um ano, uma perda óssea de 0,4 a 1,6mm pode ocorrer, dentro dos padrões de normalidade. No período de preservação após o primeiro ano, uma perda de 0,05 a 0,15mm pode ser observada anualmente (Peñarocha *et al.*, 2004). Albrektsson *et al.* (1986) consideraram um implante bem-sucedido quando a perda óssea anual não ultrapassa 0,2mm, após o primeiro ano da instalação. Misch *et al.* (2008) afirmaram que uma perda de até 2mm desde a instalação do implante é aceitável. Essas são consideradas medidas de manutenção da osteointegração ao longo do tempo (Cavallaro, 2011).

2.2. Avaliação radiográfica pós-operatória

A avaliação radiográfica pós-operatória constitui-se em procedimento clínico de importância na avaliação das alterações no nível ósseo peri-implantar. A técnica periapical é a mais adequada na fase pós-operatória, sendo indicada também para avaliar a osteointegração do implante, adaptação do *abutment* ao implante, bem como da prótese instalada (Lindhe, 2010).

Considerando que as alterações clínicas mais significantes ocorrem durante o primeiro ano de função, Lindhe (2010) recomendou que radiografias de controle devem ser realizadas em 6 e 12 meses após a instalação da prótese. Após esse período, intervalos de 2 a 3 anos devem ser adotados para as radiografias subsequentes, salvo na presença de sinais clínicos de inflamação, quando as radiografias periapicais estão prontamente indicadas.

Na análise de radiografias periapicais pós-operatórias, o nível do osso marginal é comparado àquele observado em radiografias obtidas logo após a instalação da prótese. Assim, as demandas de uma projeção geométrica, densidade e contraste semelhantes são altas. É sugerida a adoção de pontos de referência no implante para a avaliação do nível ósseo peri-implantar, sendo o ombro do implante o mais indicado, por permitir maior acurácia nessas mensurações (Hollender & Rockler, 1980; Adell *et al.*, 1990; Salvi & Lang, 2004; Lindhe, 2010; Fernández-Formoso *et al.*, 2011).

Lindhe (2010) atentou que, para um diagnóstico adequado, além dos cuidados básicos de otimização de dose, fatores de exposição, bem como fatores relacionados ao processamento químico quando da utilização de filmes radiográficos, é imprescindível a adoção sistemática da técnica do paralelismo, objetivando que os raios X centrais incidam no implante de forma perpendicular, assegurando uma projeção geométrica o mais fidedigna possível do implante, seus componentes e estruturas ósseas de suporte. O ângulo vertical aplicado é considerado correto quando, ao se observar a projeção das espiras, estas são distinguidas clara e individualmente em ambos os lados do implante. A determinação do ângulo vertical de forma inadequada pode acarretar em variação significativa na estimativa dos níveis ósseos peri-implantares. Alguns autores sugerem que diferenças de 5° a 10° são aceitáveis. Entretanto, distorções de 0,1mm a 0,25mm podem ocorrer quando há diferença de 1° na angulação, enquanto 4,8mm de distorção podem ser encontrados com 20° de angulação (Sewerin, 1990; Begoña Ormaechea *et al.*, 1999).

Com relação à fidelidade da técnica periapical na mensuração da perda óssea peri-implantar, diversos autores afirmam que os resultados subestimam a verdadeira perda determinada por análise histológica (Gotfredsen *et al.*, 1991; Corpas *et al.*, 2011). Caulier *et al.* (1997) concluíram que o nível ósseo histológico está situado 0,85mm mais apicalmente que o radiográfico. Zybutz *et al.* (2000) relataram que as radiografias intrabucais subestimam a perda óssea em aproximadamente 1,4mm. Fernandez-Formoso *et al.* (2011) sugeriram que uma razão para esse fenômeno é que, mesmo com a adoção da técnica do paralelismo, nem sempre a orientação paralela do filme em relação ao

implante é alcançada. Borg *et al.* (2000) salientaram que diferenças na morfologia do defeito ósseo podem influenciar na fidelidade das mensurações radiográficas.

Estudando a associação entre os achados radiográficos, tomográficos e histológicos, Corpas *et al.* (2011) também encontraram valores subestimados de perda óssea tanto utilizando radiografias periapicais como exames de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC). Foram encontrados desvios de 1,2mm e 1,7mm para a TCFC e radiografias periapicais, respectivamente. Entretanto, metade da amostra apresentou um desvio inferior a 0,5mm em ambas as modalidades de imagem, mostrando uma correlação estatisticamente significativa entre ambos os métodos de imagem e os achados histológicos.

Schulze & d'Hoedt (2001) apontaram que a avaliação radiográfica não pode ser mais precisa que 0,5mm na determinação do nível ósseo peri-implantar. Para Moberg *et al.* (1999), a precisão radiográfica em medir a distância entre a coroa e o osso alveolar foi de aproximadamente 0,2mm. Apesar dos desvios nas mensurações do nível ósseo peri-implantar, quando da utilização da radiografia periapical, definitivamente esse é o método clinicamente aplicável mais confiável até o presente momento.

2.3. Radiografia Digital

A imagem digital pode ser considerada como uma matriz cujos índices de linhas e colunas identificam um ponto na imagem denominado *pixel* (abreviatura de *picture element*). O *pixel* é a menor parte de uma imagem digital e cada um desses pontos contém informações que determinam suas características (White & Pharoah, 2007). Quanto maior a quantidade de *pixels* em uma imagem, maior será a sua resolução espacial, que pode ser mensurada em PPI (*pixels* por polegada) ou pares de linhas por milímetro.

Cada *pixel* da matriz recebe um valor de tom de cinza correspondente à intensidade de radiação X que o sensibilizou. A escala de tons de cinza de uma determinada imagem varia de acordo com a resolução de contraste da mesma. Em imagens de 256 tons de cinza (8 *bits*), os valores de tons de cinza variam de 0 a 255. Vandenberghe *et al.* (2011) afirmaram que os sistemas com alta resolução de contraste são preferíveis para a avaliação do nível ósseo alveolar.

A escala dinâmica refere-se à faixa de exposição na qual uma imagem radiográfica pode ser produzida sem que ocorram alterações de brilho e contraste na imagem. É importante se considerar que os sistemas digitais para Implantodontia devem possuir preferencialmente uma larga escala dinâmica, que produz um contraste adequado para a visualização radiográfica de estruturas ósseas delgadas (como o osso marginal), bem como de discretas alterações radiolúcidas (como falhas na osteointegração) (Lindhe, 2010). Assim, sistemas de placas de fósforos são, em geral, preferíveis.

2.3.1. Filtros de imagem

A imagem radiográfica digital permite o seu melhoramento através de recursos computacionais. A maioria dessas operações tem por meta torná-la visualmente mais atraente, apresentando características destinadas a um objetivo específico (White & Pharoah, 2007).

Em pós-processamento de sinais eletrônicos, um filtro é um recurso que remove parcial ou totalmente do sinal características não desejadas. Filtros *high-pass* e *low-pass* aumentam ou cortam os sinais acima ou abaixo de uma frequência selecionada, chamada de frequência de corte. Um filtro *high-pass* permite que apenas os sinais acima da frequência de corte se mantenham inalterados, enquanto os localizados abaixo são atenuados. Os filtros *low-pass* funcionam de forma semelhante, exceto que apenas os sinais abaixo da frequência de corte se mantêm inalterados (Wikipedia, 2011).

Em imagem digital, filtros de imagem operam em sinais representados de forma digital, e o seu funcionamento se dá a partir da implementação de algoritmos matemáticos. Assim, a aplicação dos filtros *high-pass* resulta em imagens com características acentuadas, e por isso esses filtros são também denominados filtros de realce ou nitidez. Por outro lado, o uso dos filtros *low-pass* gera imagens com características homogêneas ou suavizadas. Dessa forma, esses filtros recebem também o nome de filtros de suavização (Wikipedia, 2010).

O propósito dos filtros de nitidez e suavização é melhorar a qualidade da imagem removendo, respectivamente, distorção e ruído da imagem. Filtros que intensificam a nitidez da imagem acentuam os limites entre regiões com intensidades diferentes, realçando os limites entre os diferentes *pixels* e tons de cinza. Além disso, em alguns filtros de nitidez, os tamanhos dos *pixels* podem ser re-computados em matrizes de 3 x 3 ou 5 x 5, por exemplo (Wenzel *et al.*, 2009). Com isso, os limites entre diferentes estruturas anatômicas são acentuados, porém as imagens apresentam maior ruído (Haite-Neto *et al.*, 2009).

Filtros que suavizam a imagem são também chamados de filtros redutores de ruído porque eles retiram o ruído de alta frequência, suavizando e homogeneizando os valores dos *pixels* de uma imagem, bem como seus limites. Resultam, portanto, em limites suaves entre as diferentes estruturas anatômicas (Haite-Neto *et al.*, 2009).

Mol (2000) afirmou que inúmeros filtros são disponibilizados em *softwares*, porém é importante considerar em qual parte da imagem o aplicativo atua, assim como compreender as propriedades específicas dos diferentes tipos de processamento da imagem. Referiu ainda, que um realce utilizado para aumentar o contraste na detecção de lesões cariosas pode dificultar a identificação do contorno da crista óssea alveolar. Abreu *et al.* (2001) citaram, também, que embora o realce da imagem implique numa nova versão melhorada da imagem original, é importante que o clínico tenha conhecimento de que as características de densidade, contraste e ruído são afetadas de acordo com a opção de visualização escolhida.

Koob *et al.* (2004) e Kositbowornchai *et al.* (2004) afirmaram que a utilização de filtros pode compensar eventuais perdas de qualidade de imagem causadas por subexposição ou ruído. Em consequência, o uso de filtros digitais pode reduzir a dose de exposição.

A literatura apresenta-se vasta com relação à influência dos filtros no diagnóstico e na estimativa da profundidade de lesões cariosas. Møystad *et al.* (1996) concluíram que a aplicação de filtros resultou em imagens significativamente mais acuradas no diagnóstico de lesões cariosas proximais que as imagens convencionais e digitais originais. Shrout *et al.* (1996) observaram que a estimativa da profundidade de lesões cariosas foi mais próxima do padrão histológico nas imagens com a aplicação dos filtros de realce e *median*. Haiter-Neto *et al.* (2009) encontraram diferenças estatísticas entre as imagens com o filtro *Caries2* e originais para o diagnóstico de lesões cariosas.

Por outro lado, Abreu *et al.* (2001), comparando diferentes protocolos digitais (0,08s com filtro *cárie*, 0,16s com filtro *cárie* e 0,16s com filtro *periodontal*) às imagens convencionais, não observaram diferença estatisticamente significativa entre os três protocolos digitais e o filme convencional na detecção de lesões cariosas proximais. De forma semelhante, Kositbowornchai *et al.* (2004) e Haiter-Neto *et al.* (2008) também concluíram que as imagens com e sem aplicação de filtros apresentaram acurácia estatisticamente similar no diagnóstico de lesões cariosas. Com relação à mensuração de lesões cariosas proximais, Koob *et al.* (2004) concluíram que a aplicação dos filtros não resultou em acurácia superior às imagens sem manipulação.

Com relação ao diagnóstico de fraturas radiculares, Wenzel *et al.* (2009) não observaram diferenças estatisticamente significantes entre as imagens do sistema *Digora* com filtro *Sharpen* e originais. Kamburoğlu *et al.* (2010) também não observaram diferenças estatísticas entre as imagens com e sem aplicação de filtros.

Quanto à avaliação subjetiva da qualidade de imagem de estruturas anatômicas, Yalcinkaya *et al.* (2006) não observaram diferenças estatisticamente significantes entre os filtros das imagens periapicais. Baksi *et al.* (2010), ao contrário,

encontraram diferenças estatísticas entre os filtros testados, sendo os melhores resultados atribuídos às radiografias panorâmicas digitais com aplicação do filtro *Sharpen*.

Vandenberghe *et al.* (2011) realizaram estudo com o objetivo de determinar a influência de diferentes receptores de imagem em níveis de exposição diversos, além de sua acurácia e qualidade da imagem para o diagnóstico periodontal. Dentre os protocolos de imagem constantes no estudo, destaca-se as imagens do sistema *VistaScan* com 12 bits e aplicação do filtro Periodontal. Os autores observaram que esse protocolo apresentou acurácia maior em relação às imagens sem filtros do mesmo sistema, havendo diferença estatisticamente significativa entre esses protocolos na mensuração dos defeitos periodontais constantes da amostra. Concluiu-se que o uso do filtro Periodontal contribuiu para uma maior acurácia em todos os tempos de exposição utilizados.

O filtro de inversão de contraste reverte a escala de tons de cinzas tornando preto o branco, e vice-versa. Assim, numa escala de 256 tons de cinzas, os *pixels* com valor 0 recebem valor 255, e assim por diante. Em análise subjetiva da qualidade de imagem, Alpöz *et al.* (2007) e Baksi (2010) encontraram resultados estatisticamente superiores nas imagens com inversão em relação às imagens originais, embora os resultados com esse filtro tenham sido os piores dentre aqueles testados.

Os filtros *emboss* dão à imagem uma aparência de profundidade baseada em sua densidade, realçando os limites das estruturas anatômicas. São também chamados de pseudo-3D. Pesquisando a influência desses filtros no diagnóstico de lesões cariosas em radiografias panorâmicas, Akarslan *et al.* (2008) encontraram melhores resultados com o filtro *emboss*. Por outro lado, avaliando a acurácia na marcação de pontos cefalométricos, Leonardi *et al.* (2010) não encontraram diferenças estatísticas entre esse filtro e as imagens originais.

Lindhe (2010) afirmou haver pouca evidência científica sobre o valor dos filtros de imagem na avaliação de implantes dentários. Entretanto, trabalhos como os de Brägger & Pasquali (1989) e Brägger *et al.* (1991) mostraram que a subtração radiográfica em

associação com a pseudo-colorização foi capaz de demonstrar alterações não detectáveis por observação visual de uma série de exames radiográficos.

Sobre a avaliação da distância entre o implante e o osso adjacente, Borg *et al.* (2000) avaliaram a influência de filtros de imagem em diferentes etapas pós-operatórias. Para isso, os autores instalaram 12 implantes de titânio de 7mm de comprimento em quatro cães da raça *beagle*. Após a cicatrização e conexão do *abutment*, um mecanismo de acúmulo de placa foi introduzido. Por fim, a peri-implantite induzida foi tratada com terapia local e administração de antibióticos. Durante todo esse período os autores radiografaram os implantes utilizando filmes e sensores digitais. Mensurações da distância osso-implante utilizando 7 métodos foram realizadas por cinco observadores. Para as imagens convencionais foram utilizadas lupas com aumento de 2 e 7 vezes. Nas imagens digitais, cinco filtros foram utilizados: realce 5 x 5 e 25 x 25, inversão de contraste e duas técnicas de pseudo-colorização. Os resultados mostraram que as diferenças entre os métodos e observadores aumentaram progressivamente durante o período estudado. Assim, as mensurações realizadas no período de maior perda óssea não diferiram estatisticamente do padrão histológico, enquanto após a terapia e cicatrização, com exceção do filtro de realce 25 x 25, todos os métodos apresentam diferenças estatisticamente significantes. Contudo, os autores concluíram que as mensurações do nível ósseo peri-implantar são acuradas tanto nas imagens convencionais quanto nas digitais; e que os filtros podem melhorar a precisão das imagens digitais.

3. PROPOSIÇÃO

Este trabalho propõe estudar a exatidão dos filtros *fine*, *caries1*, *caries2*, *endo*, *perio*, *noise reduction*, *invert*, *emboss* e *sculpture* na mensuração do nível ósseo peri-implantar em imagens radiográficas periapicais digitais.

4. CAPÍTULO 1

Accuracy of enhancement filters in measuring *in-vitro* periimplant bone level

Sergio Lins de Azevedo Vaz^a, DDS, Frederico Sampaio Neves^a, DDS, MS, Evandro Portela Figueirêdo^b, DDS, Francisco Haiter-Neto^a, DDS, MS, PhD and Paulo Sérgio Flores Campos^c, DDS, MS, PhD

^a *Department of Oral Diagnosis, Division of Oral Radiology, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brazil*

^b *Department of Oral Diagnosis, Division of Oral and Maxillofacial Surgery, Piracicaba Dental School, University of Campinas, Piracicaba, São Paulo, Brazil*

^c *Department of Oral Radiology, Division of Oral Radiology, School of Dentistry, Federal University of Bahia, Salvador, Bahia, Brazil*

Running title: Measuring periimplant bone level with filters

Keywords: Dental implants, alveolar bone loss, periimplantitis, digital dental radiography, radiographic image enhancement

Correspondence: Sergio Lins de Azevedo Vaz, Department of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School, University of Campinas, UNICAMP, 901, Limeira Avenue, PO Box 52, 13414-903, Piracicaba, SP, Brazil (Phone: +55-19-21065327; e-mail: sergiolinsv@gmail.com)

***Artigo submetido ao periódico Clinical Oral Implants Research**

ABSTRACT

Objectives: To identify the accuracy of the enhancement filters of an intraoral phosphor-plate system for measuring the simulated periimplant bone level. **Materials and Methods:** Twenty titanium implants (Titamax, Neodent, Curitiba, PR, Brazil) were placed into six fragments of bovine ribs and defects simulating bone loss were created. Periapical radiographs were taken with a phosphor-plate system (Vista Scan, Dürr Dental, Beitigheim-Bissingen, Germany) according to the paralleling standard technique, and nine enhancement filters were applied: fine, caries 1, caries 2, endo, perio, noise reduction, invert, emboss and sculpture. The radiographic measurements of the defects were compared to those obtained on the bovine ribs with a digital caliper. **Results:** The caries1, caries2, endo, and perio filters resulted on measurements statistically different from both the original images and the measurements of the digital caliper ($P < 0.05$). The other filters did not show statistically significant differences from the original images nor from the measurements of the digital caliper. **Conclusion:** In addition to the original images, the fine and emboss filters resulted on the most precise measures. The caries1, caries2, endo, and perio filters were the less accurate for measuring the periimplant bone level.

INTRODUCTION

In implant therapy, bone loss is one of the criteria used to establish the success, survival or failure of the treatment (Misch et al. 2008). Thus proper determination of the distance from the alveolar bone level to the implant neck is required by means of periapical radiography.

Several studies showed that periapical radiographs allows a satisfactory evaluation of the periimplant bone level, especially when the paralleling standard technique is applied (Schulze & d'Hoedt 2001). Also it has been shown that digital radiography may improve the diagnostic accuracy of the periimplant bone status, as it detects minimal changes (Salvi & Lang 2004). Consequently the use of digital images has spread into implant dentistry to monitor periimplant bone healing.

The digital image can be improved by the application of task-specific filters. Although few data are available about the influence of enhancement filters on the radiographic evaluation of the periimplant bone level (Berglundh et al. 2003), the usefulness of these tools to the accuracy on the diagnosis of caries lesions (Møystad et al. 1996; Shrout et al. 1996; Haiter-Neto et al. 2009), root fractures (Wenzel et al. 2009; Kamburoğlu et al. 2010), and periodontal diagnosis (Vandenberghe et al. 2011) has been demonstrated.

Therefore, this investigation aimed to identify the accuracy of enhancement filters for measuring the simulated periimplant bone level in periapical radiographs. The variables and factors in study were the measures of the periimplant bone level and the enhancement filters, respectively.

MATERIALS AND METHODS

The design of this study received full approval from the local Ethical Research Committee of Piracicaba Dental School (University of Campinas). Twenty titanium implants measuring 11 mm in length and 3.75 mm in diameter (Titamax, Neodent, Curitiba, PR, Brazil) were placed into six fragments of bovine ribs in order to simulate the radiographic aspect of the alveolar bone, based on a previous methodology (Razavi et al. 2010). After this, defects simulating bone loss were created with a cylindrical bone burr (KG, Sorensen, Brazil) on the left and right sides of each implant (Fig. 1), totaling a sample of forty sites of evaluation.

Figure 1. The implants were placed into bovine ribs and the defects were created on both sides of the implants.

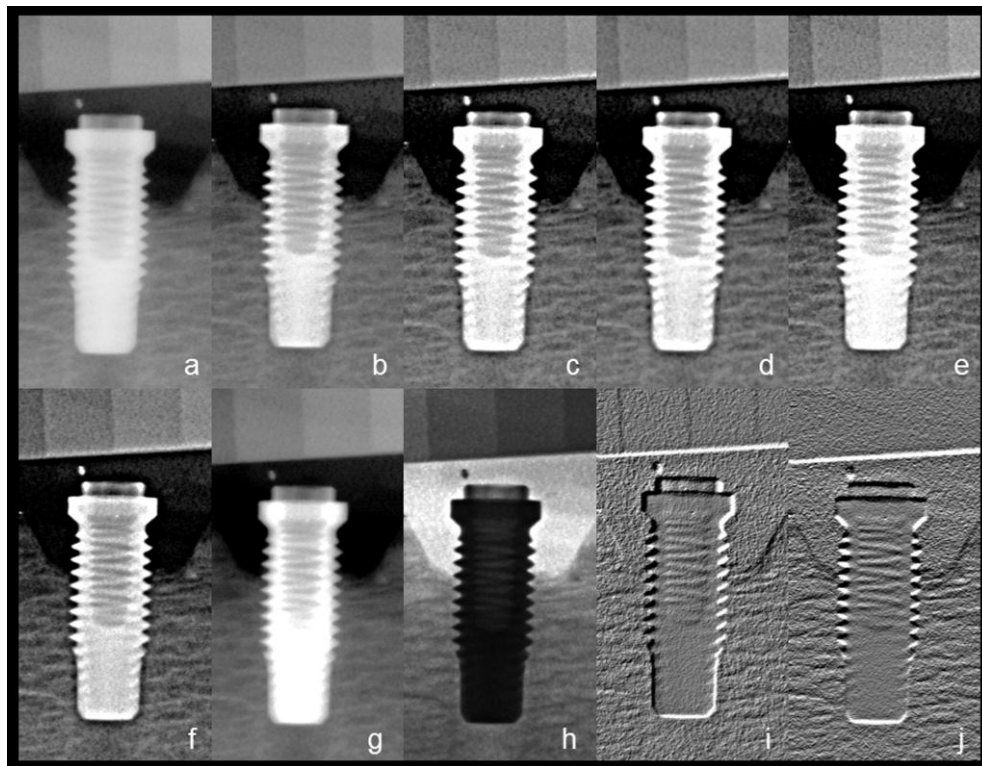


Periapical radiographs were taken employing a customized acrylic device for the paralleling standard technique, which also simulates the soft tissues attenuation. A 30.5x40.5-mm-size storage phosphor-plate (Vista Scan, Dürre Dental, Beitigheim-Bissingen, Germany) was positioned parallel to one or two dental implants, employing a focus-to-plate

distance of 40-cm. The X-ray tube exposure parameters were set on 70 kVp, 7 mA, 0.36 s (Gendex Dental Systems, Lake Zurich, IL, USA).

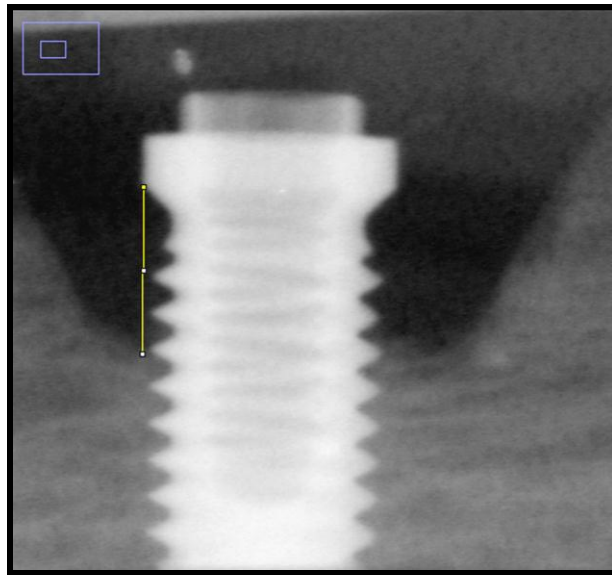
The radiographic images were acquired using DBSWIN software (Dürr Dental) with a spatial resolution of 1270 dpi. The threads on both sides of the implants were checked on the radiographs, in order to ensure an adequate parallelism between the implant and phosphor-plate. Nine enhancement filters were applied in all of the radiographs: fine, caries 1, caries 2, perio, endo, noise reduction, invert, emboss, and sculpture (Fig. 2). The enhanced and the original images were exported to the 8-bit uncompressed TIFF (tagged image file format) and imported to ImageJ software (National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA).

Figure 2. Filters evaluated: (a) original image, (b) fine, (c) caries1, (d) caries2, (e) endo, (f) perio, (g) noise reduction, (h) invert, (i) emboss, (j) sculpture.



An oral radiologist performed the measurements in millimeters after the calibration of each image on the ImageJ software. The measurements were taken from the neck of the implant to the most apical contact of the bone with the implant (Fig. 3). Two other oral radiologists performed a reproducibility evaluation, employing 40% of the sample, and using the intra-class correlation coefficient (ICC) with a confidence interval of 95%. After 30 days of the first evaluation, the ICC was calculated with 20% of the sample for the intra-observer reproducibility.

Figure 3. The measurements were taken from the neck of the implant to the most apical contact of the bone with the implant.



The defects were measured on the bovine ribs using a digital caliper (SC-6 digital caliper, Mitutoyo Corporation, Tokyo, Japan) in order to compare the measures of the digital caliper to the radiographic ones. A mean of three measurements was obtained thereunto at three different times, with a maximum standard deviation of 0.9-mm.

The data were statistically analyzed on SAS software (Cary, NC, USA). Due to great variance in the measures, the data did not comply with the requirements of ANOVA, so the Friedman non-parametric test was used. The null hypothesis assumed no statistical differences between the measurements performed on the enhanced and the original images with those from the digital caliper, as well as on the enhanced versus the original images. The significance level adopted was 5%.

RESULTS

The ICC values showed excellent agreement among all the oral radiologists (table 1). This validated the evaluation of the entire sample by one specialist. The intra-observer reproducibility was also excellent (ICC = 0.93; 95% confidence interval [CI] = 0.89 – 0.95).

Table 1. Intra-class correlation coefficient (ICC) values for the inter-observer reproducibility.

	ICC	95% CI	
		Lower Bound	Upper Bound
Observer 1	0.95	0.93	0.96
Observer 2	0.88	0.85	0.9

Table 2 shows the median, minimum, and maximum values of each group. The original images, the fine and emboss filters resulted in the closest values to the measures of the digital caliper ($P > 0.05$). The caries1, caries2, endo, and perio filters were statistically

different from both the measurements of the digital caliper and the original images ($P < 0.05$), with the most disparate measures.

Table 2. Median, minimum and maximum values of the measurements performed on each protocol and with the digital caliper.

	Median value	Minimum value	Maximum value
Digital caliper	2.81	1.37	4.54
Original	2.81	1.66	4.62
Fine	2.84	1.95	4.62
Caries 1 ^{*†}	3.06	1.90	4.67
Caries 2 ^{*†}	3.10	1.93	4.70
Endo ^{*†}	3.07	1.82	4.64
Perio ^{*†}	3.04	1.87	4.70
Noise reduction	2.94	1.92	4.38
Invert	2.90	1.79	4.48
Emboss	2.77	1.30	4.53
Sculpture	2.71	1.60	4.38

*Statistically different from the digital caliper ($P < 0.05$)

†Statistically different from the original images ($P < 0.05$)

DISCUSSION

The radiographic determination of the periimplant bone level is important to establish the survival of the implant. The neck of the implant is an easy reference point to recognize owing to its shape, and allows higher accuracy in measuring the periimplant bone level (Berglundh et al. 2003; Salvi & Lang 2004; Fernández-Formoso et al. 2011).

It is known that high-pass filters accentuate the transitions in density levels due to mathematical recomputation of pixels (Wenzel et al. 2009). In order to evaluate only the

influence of the filters applied, no adjustment of brightness and contrast was allowed in this study. Because of this, the grayest pixels of the bone surface were enhanced by the high-pass filters used (i.e. fine, caries1, caries2, endo, perio, and noise reduction), making them more difficult to visualize. Therefore the caries1, caries2, endo, and perio filters resulted in statistically overestimated measures from those obtained with both the digital caliper and the original images. Nevertheless, because the radiographic evaluation of the periimplant bone level cannot be more than a precision of 0.5 mm under clinical conditions (Schulze & d'Hoedt 2001) and the differences on the median values were lower than this, they were considered clinically not significant.

Unlike a previous study (Vandenberghe et al. 2011), the filter perio was worse than the original images though that investigation involved 12-bit radiographs, then image quality was better. The high-pass filters also failed to improve the measurements of the periimplant bone level in another study, though there was no statistical difference from the histometric measurements (Borg et al. 2000). Such results reinforce the need to consider how an enhancement filter operates in a specific radiographic evaluation (Mol 2000; Abreu et al. 2001).

The invert filter reverses the grayness of the image so that what is black becomes white and vice-versa. This filter did not improve the measurements of the periimplant bone level, similarly to another study (Borg et al. 2000).

The emboss and sculpture filters are similar to each other. They result in an image with medium shades of gray and with the appearance of depth based on the relative densities of

the original image, enhancing the borderlines of the structures (Alpöz et al. 2007). Regarding the diagnosis of caries lesions using enhanced panoramic digital images, better results were found with the emboss filter (Akarslan et al. 2008) resembling the present findings. On the other hand, no statistically significant difference was found comparing the original images to those with the emboss filter, corroborating another study which evaluated the accuracy on cephalometric landmarks (Leonardi et al. 2010).

To the best of our knowledge, this paper is the first to inquire whether the emboss and sculpture filters improve bone level measurements. The better results of the emboss filter may be attributed to the enhancement of the bone level and the reduced influence of the visual perception of the grayscale, which is critical for the evaluation of bone level. Therefore, it is suggested that the emboss filter may be valuable when the adjustment of brightness and contrast is critical. Clinical studies are required to clarify the present findings.

In conclusion, additionally to the original images, the fine and emboss filters resulted in the most precise measures when compared to the measurements of the digital caliper. The caries1, caries2, endo, and perio filters were the less accurate for measuring the periimplant bone level.

Acknowledgments

We are grateful to CAPES for financial support and to NEODENT (Curitiba, PR, Brazil) for supplying the implants used on this research. The authors deny any conflict of interest.

REFERENCES

Abreu, M. Jr., Mol, A. & Ludlow, J.B. (2001) Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus film for proximal caries detection. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* **91**: 381-5.

Akarşlan, Z.Z., Akdevelioğlu, M., Güngör, K. & Erten, H. (2008) A comparison of the diagnostic accuracy of bitewing, periapical, unfiltered and filtered digital panoramic images for approximal caries detection in posterior teeth. *Dentomaxillofacial Radiology* **37**: 458-63.

Berglundh, T., Lindhe, J., Lang, N.P. & Mayfield L. (2003) Mucositis and peri-implantitis. In: Lindhe, J., Karring, T. & Lang, N.P., eds. *Clinical periodontology and implant dentistry*, 4th edition, p. 1014. Oxford: Blackwell Munksgaard.

Borg, E., Gröndahl, K., Persson, L.G. & Gröndahl, H.G. (2000) Marginal bone level around implants assessed in digital and film radiographs: in vivo study in the dog. *Clinical Implant Dentistry and Related Research* **2**: 10-7.

Fernández-Formoso, N., Rilo, B., Mora, M.J., Martínez-Silva, I. & Santana, U. (2011) A paralleling technique modification to determine the bone crest level around dental implants. *Dentomaxillofacial Radiology* **40**: 385-9.

Haiter-Neto, F., Casanova, M.S., Frydenberg, M. & Wenzel, A. (2009) Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of

proximal caries lesions of known size. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* **107**: 116-21.

Kamburoğlu, K., Murat, S. & Pehlivan, S.Y. (2010) The effects of digital image enhancement on the detection of vertical root fracture. *Dental Traumatology* **26**: 47-51.

Leonardi, R.M., Giordano, D., Maiorana, F. & Greco, M. (2010) Accuracy of cephalometric landmarks on monitor-displayed radiographs with and without image emboss enhancement. *European Journal of Orthodontics* **32**: 242-7.

Misch, C.E., Perel, M.L., Wang, H.L., Sammartino, G., Galindo-Moreno, P., Trisi, P., Steigmann, M., Rebaudi, A., Palti, A., Pikos, M.A., Schwartz-Arad, D., Choukroun, J., Gutierrez-Perez, J.L., Marenzi, G. & Valavanis, D.K. (2008) Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. *Implant Dentistry* **17**: 5-15.

Mol, A. (2000) Image processing tools for dental applications. *Dental Clinics of North America* **44**: 299-318.

Møystad, A., Svanaes, D.B., Risnes, S., Larheim, T.A. & Gröndahl, H.G. (1996) Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. *Dentomaxillofacial Radiology* **25**: 202-6.

Razavi, T., Palmer, R.M., Davies, J., Wilson, R. & Palmer, P.J. (2010) Accuracy of measuring the cortical bone thickness adjacent to dental implants using cone beam computed tomography. *Clinical Oral Implants Research* **21**: 718-25.

Salvi, G.E. & Lang, N.P. (2004) Diagnostic parameters for monitoring peri-implant conditions. *The International Journal of Oral & Maxillofacial Implants* **19**: 116-27.

Schulze, R.K. & d'Hoedt, B. (2001) Mathematical analysis of projection errors in "paralleling technique" with respect to implant geometry. *Clinical Oral Implants Research* **12**: 362-371.

Shrout, M.K., Russell, C.M., Potter, B.J., Powell, B.J. & Hildebolt, C.F. (1996) Digital enhancement of radiographs: can it improve caries diagnosis? *The Journal of the American Dental Association* **127**: 469-73.

Vandenberghe, B., Bosmans, H., Yang, J. & Jacobs, R. (2011) A comprehensive in vitro study of image accuracy and quality for periodontal diagnosis. Part 2: the influence of intra-oral image receptor on periodontal measurements. *Clinical Oral Investigations* **15**: 551-62.

Wenzel, A., Haiter-Neto, F., Frydenberg, M. & Kirkevang, L.L. (2009) Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, and Endodontology* **108**: 939-45.

5. CONCLUSÃO

De acordo com a metodologia empregada, concluiu-se que os filtros *fine* e *emboss* foram os mais exatos na mensuração do nível ósseo peri-implantar simulado, sendo equiparáveis às imagens originais. Os filtros *caries1*, *caries2*, *endo* e *perio* foram os menos exatos, pois apresentaram as medidas mais díspares da amostra.

Portanto, na avaliação radiográfica pós-operatória de implantes dentários, quando da aplicação dos filtros de imagem do sistema *Vista Scan* em radiografias periapicais, recomenda-se preferência pelo filtro *fine*, evitando-se os filtros *caries1*, *caries2*, *endo* e *perio*. O filtro *emboss* também pode ser útil na avaliação do nível ósseo peri-implantar, sendo aconselhável a realização de mais estudos que o avaliem.

REFERÊNCIAS*

1. Abreu M Jr, Mol A, Ludlow JB. Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus film for proximal caries detection. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2001; 91(3): 381-5.
2. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI, Lindhe J, Eriksson B, *et al.* Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures (I). A 3-year longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1986; 15(1): 39-52.
3. Adell R, Lekholm U, Gröndahl K, Brånemark PI, Lindström J, Jacobsson M. Reconstruction of severely resorbed edentulous maxillae using osseointegrated fixtures in immediate autogenous bone grafts. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1990; 5: 233–246.
4. Akarslan ZZ, Akdevelioğlu M, Güngör K, Erten H. A comparison of the diagnostic accuracy of bitewing, periapical, unfiltered and filtered digital panoramic images for approximal caries detection in posterior teeth. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008; 37(8): 458-63.
5. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR. The long-term efficacy of currently used dental implants: a review and proposed criteria of success. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1986; 1(1): 11-25.
6. Alpöz E, Soğur E, Baksi Akdeniz BG. Perceptibility curve test for digital radiographs before and after application of various image processing algorithms. *Dentomaxillofac Radiol.* 2007; 36(8): 490-4.

7. Appleton RS, Nummikoski PV, Pigno MA, Cronin RJ, Chung KH. A radiographic assessment of progressive loading on bone around single osseointegrated implants in the posterior maxilla. *Clin Oral Implants Res.* 2005; 16(2): 161-7.
8. Baksi BG, Alpöz E, Sogur E, Mert A. Perception of anatomical structures in digitally filtered and conventional panoramic radiographs: a clinical evaluation. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010; 39(7): 424-30.
9. Begoña Ormaechea M, Millstein P, Hirayama H. Tube angulation effect on radiographic analysis of the implant-abutment interface. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1999; 14: 77–85.
10. Borg E, Gröndahl K, Persson LG, Gröndahl HG. Marginal bone level around implants assessed in digital and film radiographs: in vivo study in the dog. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2000; 2(1): 10-7.
11. Brägger U, Pasquali L. Color conversion of alveolar bone density changes in digital subtraction images. *J Clin Periodontol.* 1989; 16(4): 209-14.
12. Brägger U, Bürgin W, Lang NP, Buser D. Digital subtraction radiography for the assessment of changes in peri-implant bone density. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1991; 6(2): 160-6.
13. Caulier H, Naert I, Kalk W, Jansen JA. The relationship of some histologic parameters, radiographic evaluations, and Periotest measurements of oral implants: an experimental animal study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 1997; 12(3): 380-6.
14. Cavallaro JS Jr. Implant survival and radiographic analysis of proximal bone levels surrounding a contemporary dental implant. *Implant Dent.* 2011; 20(2): 146-56.

15. Contribuidores da Wikipédia. Filtros de Equalização [Internet]. Wikipédia, a enciclopédia livre; 17 abr. 2010 [citado em 17 Jan. 2012]. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Filtros de Equaliza%C3%A7%C3%A3o&oldid=19750364](http://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Filtros_de_Equaliza%C3%A7%C3%A3o&oldid=19750364).
16. Corpas Ldos S, Jacobs R, Quirynen M, Huang Y, Naert I, Duyck J. Peri-implant bone tissue assessment by comparing the outcome of intra-oral radiograph and cone beam computed tomography analyses to the histological standard. Clin Oral Implants Res. 2011; 22(5): 492-9.
17. Ericsson I, Persson LG, Berglundh T, Edlund T, Lindhe J. The effect of antimicrobial therapy on peri-implantitis lesions. An experimental study in the dog. Clin Oral Implants Res. 1996; 7: 320-328.
18. Esposito M, Hirsch JM, Lekholm U, Thomsen P. Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants. (I). Success criteria and epidemiology. Eur J Oral Sci. 1998; 106(1): 527-51.
19. Fernández-Formoso N, Rilo B, Mora MJ, Martínez-Silva I, Santana U. A paralleling technique modification to determine the bone crest level around dental implants. Dentomaxillofac Radiol. 2011; 40(6): 385-9.
20. Gotfredsen K, Rostrup E, Hjørting-Hansen E, Stoltze K, Budtz-Jørgensen E. Histological and histomorphometrical evaluation of tissue reactions adjacent to endosteal implants in monkeys. Clin Oral Implants Res. 1991; 2: 30–37.
21. Gotfredsen K, Berglundh T, Lindhe J. Bone reactions at implants subjected to experimental peri-implantitis and static load. A study in the dog. J Clin Periodontol. 2002; 29(2): 144-51.

22. Haiter-Neto F, dos Anjos Pontual A, Frydenberg M, Wenzel A. Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human teeth. *Clin Oral Investig*. 2008; 12(3): 217-23.
23. Haiter-Neto F, Casanova MS, Frydenberg M, Wenzel A. Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009; 107(1): 116-21.
24. Hardt CR, Gröndahl K, Lekholm U, Wennström JL. Outcome of implant therapy in relation to experienced loss of periodontal bone support: a retrospective 5- year study. *Clin Oral Implants Res*. 2002; 13(5): 488-94.
25. Hollender L, Rockler B. Radiographic evaluation of osseointegrated implants of the jaws. Experimental study of the influence of radiographic techniques on the measurement of the relation between the implant and bone. *Dentomaxillofac Radiol*. 1980; 9: 91–95.
26. Kamburoğlu K, Murat S, Pehlivan SY. The effects of digital image enhancement on the detection of vertical root fracture. *Dent Traumatol*. 2010; 26(1): 47-51.
27. Koob A, Sanden E, Hassfeld S, Staehle HJ, Eickholz P. Effect of digital filtering on the measurement of the depth of proximal caries under different exposure conditions. *Am J Dent*. 2004; 17(6): 388-93.
28. Kositbowornchai S, Basiw M, Promwang Y, Moragorn H, Sooksuntisakoonchai N. Accuracy of diagnosing occlusal caries using enhanced digital images. *Dentomaxillofac Radiol*. 2004; 33(4): 236-40.

29. Lang NP, Berglundh T; Working Group 4 of Seventh European Workshop on Periodontology. Peri-implant diseases: where are we now? Consensus of the Seventh European Workshop on Periodontology. J Clin Periodontol. 2011; 38 Suppl 11: 178-81.
30. Leonardi RM, Giordano D, Maiorana F, Greco M. Accuracy of cephalometric landmarks on monitor-displayed radiographs with and without image emboss enhancement. Eur J Orthod. 2010; 32(3): 242-7.
31. Leonhardt A, Gröndahl K, Bergström C, Lekholm U. Long-term follow-up of osseointegrated titanium implants using clinical, radiographic and microbiological parameters. Clin Oral Implants Res. 2002; 13(2): 127-32.
32. Lindhe J. Tratado de periodontia clínica e implantologia oral. 5ª ed (Guanabara Koogan). Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2010.
33. Lindhe J, Meyle J; Group D of European Workshop on Periodontology. Peri-implant diseases: Consensus Report of the Sixth European Workshop on Periodontology. J Clin Periodontol. 2008; 35 Suppl 8: 282-5.
34. Lindquist LW, Carlsson GE, Jemt T. A prospective 15-year follow-up study of mandibular fixed prostheses supported by osseointegrated implants. Clinical results and marginal bone loss. Clin Oral Implants Res. 1996; 7(4): 329-36.
35. Misch CE, Perel ML, Wang HL, Sammartino G, Galindo-Moreno P, Trisi P, *et al.* Implant success, survival, and failure: the International Congress of Oral Implantologists (ICOI) Pisa Consensus Conference. Implant Dent. 2008; 17(1): 5-15.
36. Misch CE. Implantes Dentais Contemporâneos. 3ª ed (Elsevier). Rio de Janeiro: Elsevier; 2009.

37. Moberg LE, Köndell PA, Kullman L, Heimdahl A, Gynther GW. Evaluation of single-tooth restorations on ITI dental implants. *Clin Oral Impl Res.* 1999; 10: 45–53.
38. Mol A. Image processing tools for dental applications. *Dent Clin North Am.* 2000; 44(2): 299-318. Review.
39. Mombelli A, Lang NP. The diagnosis and treatment of peri-implantitis. *Periodontol 2000.* 1998; 17: 63-76.
40. Møystad A, Svanaes DB, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Detection of approximal caries with a storage phosphor system. A comparison of enhanced digital images with dental X-ray film. *Dentomaxillofac Radiol.* 1996; 25(4): 202-6.
41. Nishimura K, Itoh T, Takaki K, Hosokawa R, Naito T, Yokota M. Periodontal parameters of osseointegrated dental implants. A 4-year controlled follow-up study. *Clin Oral Implants Res.* 1997; 8(4): 272-8.
42. Peñarrocha M, Palomar M, Sanchis JM, Guarinos J, Balaguer J. Radiologic study of marginal bone loss around 108 dental implants and its relationship to smoking, implant location, and morphology. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2004; 19(6): 861-7.
43. Persson LG, Araújo MG, Berglundh T, Gröndahl K, Lindhe J. Resolution of peri-implantitis following treatment. An experimental study in the dog. *Clin Oral Implants Res.* 1999; 10(3): 195-203.
44. Pontoriero R, Tonelli MP, Carnevale G, Mombelli A, Nyman S, Lang NP. Experimentally induced peri-implant mucositis. A clinical study in humans. *Clin Oral Implants Res.* 1994; 5: 254-259.

45. Salvi GE, Lang NP. Diagnostic parameters for monitoring peri-implant conditions. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2004; 19 Suppl: 116-27.
46. Salvi GE, Aglietta M, Eick S, Sculean A, Lang NP, Ramseier CA. Reversibility of experimental peri-implant mucositis compared to experimental gingivitis in man. *Clin Oral Implants Res*. 2012; 23(2): 182-90.
47. Schulze RK, d'Hoedt B. Mathematical analysis of projection errors in "paralleling technique" with respect to implant geometry. *Clin Oral Implants Res*. 2001; 12: 362–371.
48. Sewerin IP. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. *Scand J Dent Res*. 1990; 98: 428–433.
49. Shrout MK, Russell CM, Potter BJ, Powell BJ, Hildebolt CF. Digital enhancement of radiographs: can it improve caries diagnosis? *J Am Dent Assoc*. 1996; 127(4): 469-73.
50. Távora DM. Influência da aplicação de filtros na qualidade de imagem de tomografia computadorizada de feixe cônico [dissertação]. Piracicaba: UNICAMP/FOP; 2011.
51. van Steenberghe D, Lekholm U, Bolender C, Folmer T, Henry P, Herrmann I, *et al*. Applicability of osseointegrated oral implants in the rehabilitation of partial edentulism: a prospective multicenter study on 558 fixtures. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 1990; 5(3): 272-81.
52. Vandenberghe B, Bosmans H, Yang J, Jacobs R. A comprehensive in vitro study of image accuracy and quality for periodontal diagnosis. Part 2: the influence of intra-oral image receptor on periodontal measurements. *Clin Oral Investig*. 2011; 15(4): 551-62.

53. Weber HP, Crohin CC, Fiorellini JP. A 5-year prospective clinical and radiographic study of non-submerged dental implants. Clin Oral Implants Res. 2000; 11(2): 144-53.
54. Wenzel A, Haiter-Neto F, Frydenberg M, Kirkevang LL. Variable-resolution cone-beam computerized tomography with enhancement filtration compared with intraoral photostimulable phosphor radiography in detection of transverse root fractures in an in vitro model. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2009; 108(6): 939-45.
55. Wenzel A, Møystad A. Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. Acta Odontol Scand. 2010; 68(2): 106-14.
56. White S, Pharoah M. Radiologia Oral. 5ª ed (Elsevier). Rio de Janeiro: Elsevier; 2007.
57. Wikipedia contributors. High-pass filter [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 13 Dez 2011 [citado em 17 Jan 2012]. Disponível em: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=High-pass_filter&oldid=465630267.
58. Wikipedia contributors. Low-pass filter [Internet]. Wikipedia, The Free Encyclopedia; 14 Dez 2011 [citado em 17 Jan 2012]. Disponível em: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Low-pass_filter&oldid=465755249.
59. Yalcinkaya S, Künzel A, Willers R, Thoms M, Becker J. Subjective image quality of digitally filtered radiographs acquired by the Dürr Vistascan system compared with conventional radiographs. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2006; 101(5): 643-51.
60. Zitzmann NU, Berglundh T, Marinello CP, Lindhe J. Experimental peri-implant mucositis in man. J Clin Periodontol. 2001; 28(6): 517-23.

61. Zybutz M, Rapoport D, Laurell L, Persson GR. Comparisons of clinical and radiographic measurements of inter-proximal vertical defects before and 1 year after surgical treatments. J Clin Periodontol. 2000; 27(3): 179-86.

* De acordo com a norma da UNICAMP/FOP, baseadas na norma do International Committee of Medical Journal Editors – Grupo de Vancouver. Abreviatura dos periódicos em conformidade com o Medline.

ANEXO 1: Aprovação do Protocolo de Pesquisa pelo Comitê de Ética da FOP-UNICAMP



COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa **"Diagnóstico tomográfico e radiográfico de defeitos ósseos peri-implantares simulados"**, protocolo nº 084/2011, dos pesquisadores Sergio Lins de Azevedo Vaz, Francisco Haiter Neto e Paulo Sergio Flores Campos, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde - Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 26/11/2011.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project **"Tomographic and radiographic diagnosis of simulated peri-implant defects"**, register number 084/2011, of Sergio Lins de Azevedo Vaz, Francisco Haiter Neto and Paulo Sergio Flores Campos, comply with the recommendations of the National Health Council - Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 11/26/2011.



Profa. Dra. Livia Maria Andaló Tenuta
Secretária
CEP/FOP/UNICAMP



Prof. Dr. Jacks Jorge Junior
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.

ANEXO 2: Carta de confirmação da submissão do artigo intitulado “Accuracy of enhancement filters in measuring *in-vitro* periimplant bone level” ao *periódico Clinical Oral Implants Research*

